

## Claves de éxito de inventarios en mantenimiento: pronósticos de demanda series temporales, distribuciones Poisson y metodología internacional *MTS MTO MTF* inventarios

Cero agotados - Ceros Excesos - Cero obsoletos

Luis Alberto Mora Gutiérrez - Grupo GEMI Mantenimiento EAFIT - Carrera 49 # 7 sur 50 –  
Teléfono 57 4 2619349 o 5048000 - Celular 312 2874586 –  
Email [lmora@eafit.edu.co](mailto:lmora@eafit.edu.co) - [cimpro@mail.com](mailto:cimpro@mail.com) -  
Universidad EAFIT - Medellín – Colombia

Sergio Andrés Pulgarín Sánchez - Grupo GEMI - Universidad EAFIT - Carrera 49 # 7 sur 50 –  
Teléfono 57 4 2619349 - Celular 300 8683889 - Email [spulgari@eafit.edu.co](mailto:spulgari@eafit.edu.co)  
Mantenimiento EAFIT - Medellín - Colombia

### Sección 1 - Mantenimiento

1.3. Estrategias para la implementación de la gestión de activos

#### Resumen

El proceso es la aplicación sistémica y coherente de la metodología *Push Pull Frozen* de Inventarios acompañada, de planeación de la demanda mediante pronósticos de consumos futuros de repuestos, insumos y consumibles, mediante técnicas de series temporales con algoritmos distribuciones Poisson.

Inicialmente se hace un diagnóstico situacional de la empresa, donde se determina el nivel de desarrollo de inventarios de repuestos, consumibles e insumos de mantenimiento; se definen con criterios técnicos las *SKU* Tipo *Technology Push*, que se desean tener en stock, que son las *MTS Make To Stock*, igual se seleccionan las que se van a pedir cuando sean solicitadas Tipo *Demand Pull MTO Make To Order*, solo se piden bajo órdenes especiales, y por último las escasas o de salida las cuales se les llama *Make To Frozen*; de las cuales no se debe mantener stock; se les llama *Play Frozen*, que no se desean mantener en el almacén bajo ninguna circunstancia.

A las *Push* se les conoce como control de inventarios por pronóstico, y su filosofía de demanda se basa en ello, se piden periódicamente y su algoritmo de reabastecimiento es el método de Asignación, el cual se cruza con el *EOQ Economic Order Quantity*; los *Demand Pull* denominadas Control de inventario por demanda, aleatorias, no se pronostican directamente, sino por pronósticos multifactoriales de regresión múltiple, su frecuencia de pedido y reabastecimiento por control de tiempo coincide con los *Push*, y se piden por *EOQ*, estos *Pull* solo se piden cuando se den dos condiciones, que rebasen el mínimo o *ROP* y que los estén demandando.

El **primer factor calve de éxito del proceso** es la diferenciación técnica de *Push, Pull y Frozen*; con argumentos técnico-estocásticos de variabilidad, nivel, rotación, movilidad y otros; con la aplicación de pronósticos de miles *SKU* con series temporales y con algoritmos internacionales de Poisson.

## Desarrollo de Principios fundamentales

Lograr optimizar los inventarios y almacenes de repuestos, consumibles e insumos de mantenimiento y operación, mediante técnicas avanzadas de planeación de la demanda con pronósticos certeros, algoritmos de distribuciones exactas tipo Poisson y metodología internacional efectiva de inventarios *MTS (Make To Stock)* *MTO (Make To Order)* *MTF (Make To Frozen)*, que garantizan el máximo nivel de servicio y el mínimo capital de trabajo, con cero agotados, cero excesos y cero obsoletos; mediante técnicas científicas domesticadas y efectivas aplicadas a los procesos de múltiples *SKU* u Referencias de inventarios en Colombia y diversos países del mundo, con mucho éxito.

La metodología de inventarios de repuestos en activos *MTS MTO MTF*, se fundamenta en dos principios básicos internacionales: máximo nivel de servicio y mínimo capital de trabajo, a pesar de que son antagónicos, se logran balancear mediante una fundamentación técnica y algorítmica, que se basa en dos preguntas en optimización de inventarios:

- ¿cuánto pedir?
- ¿cuándo pedir?

La forma de diferenciar los ítems en los tres tipos, se basa en procedimientos técnicos donde se presenta un enfoque desde la demanda, es decir el principio es que el demandante cada vez que el demandante solicite unos determinados repuestos, los encuentre en cantidad y oportunidad; garantizando el máximo nivel de servicio y la determinación de las cantidades a tener en stock, depende de fórmulas técnico-científicas desarrolladas para procesos Push - Pull - Frozen; permitiendo minimizar el capital de trabajo.

Las dos preguntas claves de cuánto y cuándo pedir, permiten diferenciar las metodologías de

cálculo de las cantidades permitidas y las frecuencias de reabastecimiento, en cada uno de los tres casos:

- Technology Push – MTS - Make To Stock
- Demand Pull – MTO - Make To Order
- Play Frozen – MTF - Make To Frozen

La diferenciación sucesiva en los tres tipos de ítems en stock de repuestos permite garantizar que mediante sus correspondientes fórmulas de cálculo de cantidad y frecuencia, se garantice que no existirán agotados, ni excesos, ni obsoletos.

La diferenciación de ítems en Push, Pull y Frozen, se realiza a partir de criterios técnicos y estadísticos, como: rotación, movilidad, variabilidad, tipo de demanda histórica y futura, además del *ACF (AutoCorrelation Function)*.

Los dos principios básicos para optimizar inventarios son: pedir las cantidades requeridas, que se logran con los principios descritos en los párrafos anteriores y pronosticar la demanda futura mediante pronósticos confiables bajo método de series temporales, lo cual garantiza la optimización de inventarios de repuestos.

### 1. Primer nivel - Fundamentos de la Metodología Internacional MTS Technology Push, MTO Demand Pull y MTF Play Frozen

*Lograr que las Organizaciones industriales a través de esta metodología alcancen la optimización de sus Inventarios de insumos, materias primas, productos en proceso, productos terminados y afines de todo el portafolio, mediante la utilización de técnicas modernas de Inventarios y Almacenamiento basadas en la Metodología Internacional MTS MTO MTF, de tal forma que: se minimice el capital de trabajo de los inventarios al mínimo posible (en el corto y mediano plazo), se maximice el nivel de servicio de satisfacción a sus clientes externos e internos y se logre eliminar en el corto y mediano plazo de forma paulatina y sostenida los agotados, los excesos y los obsoletos;*

convirtiendo el cálculo de inventarios y sus pronósticos mensuales de demanda en un proceso fluido, de alta trazabilidad, normal sin sobresaltos, totalmente planeado y efectivo, que responderá a las necesidades presentes y futuras de la Organización en sus diferentes necesidades de portafolios de productos, presentes y futuras.

Los agotados, son repuestos o insumos requeridos, que no se tienen, lo cual configura serios problemas de atrasos en los mantenimientos o en producción, se dan por dos razones: una de ellas que no pronostican seriamente la demanda, y la segunda razón es por simple falta de planeación.

**Ilustración 1 - Causa final de inventarios en procesos: mantenimiento – producción - abastecimiento**

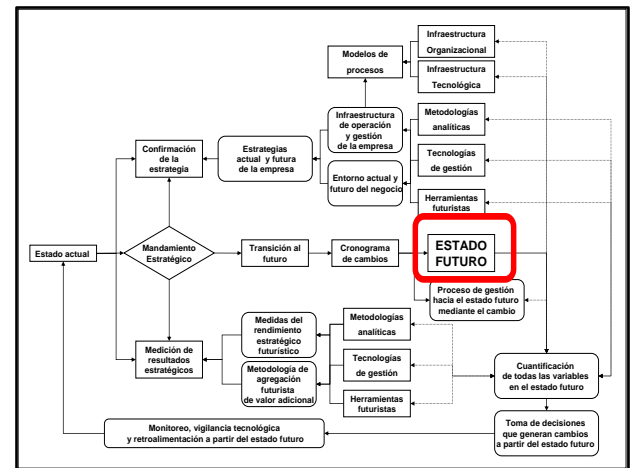
Proceso que inicia ruptura	Causa final que afecta	Observador	Lugar de ocurrencia	Responsable del retorno a normal
Mantenimiento	Operación - Producción	Producción	Máquina - Planta	Mantenimiento
Operación - Producción	Abastecimiento	Mercadeo - Comercialización	Almacén - Bodega - Proceso	Producción - Operación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

Los agotados impactan el LSC - Lean Supply Chain, a los clientes y los excesos afectan las finanzas. La metodología propone un novedoso manejo de inventarios, a partir de la demanda, no desde la oferta, asegurando la inexistencia de excesos o agotados, con el efectivo proceso MTS MTO MTF.

Los procesos de mantenimiento, repuestos, consumo de insumos y consumibles, gestión de activos, de mantenimiento y confiabilidad realizan su base de planeación a partir del estado futuro, lo que logra de esta forma garantizar, que todo lo que ocurra en el porvenir, está controlado, se hace especial énfasis en la condición del estado futuro, la planeación de la demanda que se logra mediante realizaciones adecuadas de métodos de futurología, como las series temporales, que permiten establecer cifras exactas de la demanda futura de activos, de producción y de mercadeo; pegado de lo anterior va la planeación de la demanda y los inventarios de activos; de repuestos, insumos, consumibles y

materias primas de activos, mantenimiento u operación.

**Ilustración 2 - Métodos futurísticos**



**Ilustración 3 - Premisas de éxito en inventarios MTS MTO MTF Repuestos**

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

### 1.1. Segundo nivel Pronósticos de demanda bajo Series Temporales

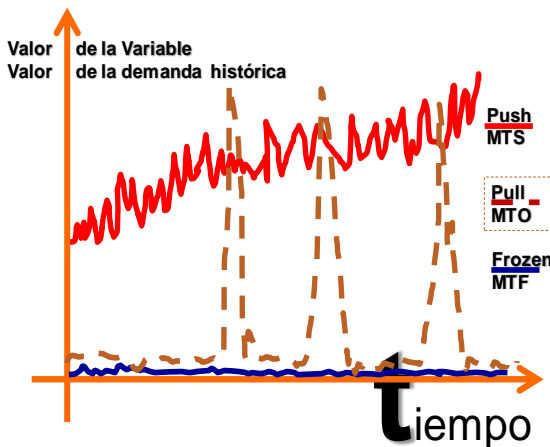
La metodología universal de series temporales es basada en el método científico, donde realiza tres pasos fundamentales:

El primero de ellos revisa la estructura de cada uno de los elementos relevantes y constitutivos de toda serie de datos (históricos de la demanda de los repuestos, insumos o consumibles de mantenimiento), explorando la presencia de nivel, ruido, tendencia, estacionalidad o ciclicidad; esta revisión permite determinar

cuáles son las características propias de la serie.

El primer criterio de la primera etapa, define si la serie tiene o no nivel (pronósticos) o variabilidad en inventarios, la cual se define como el cálculo de la media entre la desviación estándar de la serie histórica; en el caso de *Push* que son las series cuasi perfectas, la variabilidad es muy baja ya que su desviación estándar es baja y su media es alta, y en sentido contrario la variabilidad de las *Pull* o *Frozen* es alta, mayor al 50%, ya que su desviación estándar es muy alta y su media muy baja; de esta forma empezamos a diferenciar las diferentes *SKU*, la cual es la principal clave de éxito de este proceso.

**Ilustración 4 - Influencia de la variabilidad en el pronóstico futuro de la demanda**

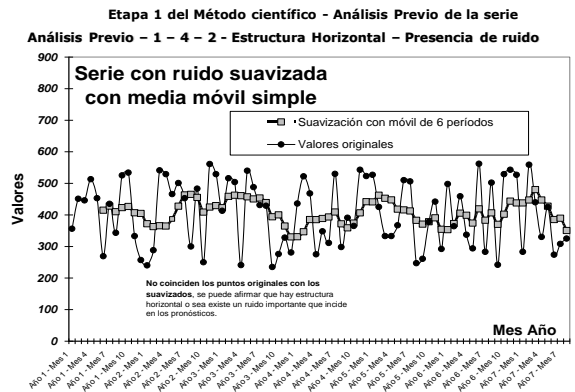


De esta forma se garantiza la clasificación *Push Pull Frozen*. El segundo criterio de Pronósticos es el ruido, es decir que tanta aleatoriedad tiene la serie.

El tercer criterio de la primera etapa, es la tendencia o determinación de los movimientos de la pendiente, indudablemente un repuesto con una demanda relevante tiene movimientos permanentes de tendencia, lo que lo hace activo y relevante al proceso, para llegar a posicionarse como *Push* o si no lo tiene como *Pull* o *Frozen*.

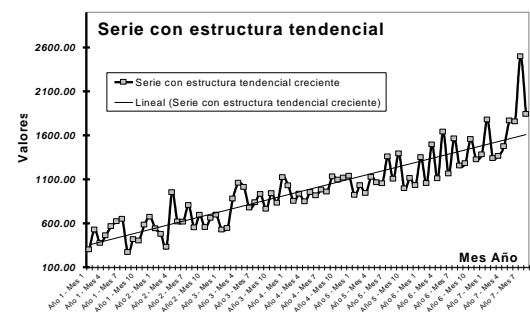
El éxito del proceso está en pronosticar de forma directa todas las referencias *SKU Push* y con ellas de forma indirecta mediante correlaciones multifactoriales regresionales las demás *Pull* y *Frozen*, se ha desarrollado una metodología que permite pronosticar en proceso instantáneo en programas informáticos cualquier cifra de referencias *Pull Push* o *Frozen* de forma multifactorial a partir de 16 o 10 *Push* pivotes muy sólidas, dando resultados mejores que si se pronosticara cada una de forma individual.

**Ilustración 5 - Influencia de la aleatoriedad en los pronósticos**



**Ilustración 6 - Influencia de la tendencia en los pronósticos de repuestos de Inventarios de mantenimiento.**

Etapa 1 del Método científico - Análisis Previo de la serie  
Análisis Previo - 1 - 4 - 3 - Estructura Tendencial  
Método de Regresión Lineal



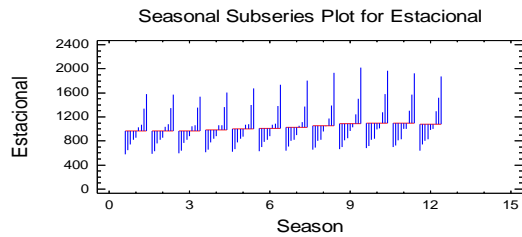
El proceso de la primera etapa culmina con la revisión de la presencia de estacionalidad (datos que se repiten en tiempos inferiores a un año (semana santa, navidad, etcétera) o

ciclicidad (superiores a un año (lecciones presidenciales, cometa Halley, fenómenos de lluvia Niña y Niño, mundial de futbol, etcétera)).

**Ilustración 7 - Influencia de la estacionalidad y/o ciclicidad en los pronósticos de repuestos de Inventarios de mantenimiento.**

Etapa 1 del Método científico - Análisis Previo de la serie  
**Análisis Previo – 1 – 4 – 4 - Estructura Estacional o Cíclica**

**Referencia Ejemplo de Serie Statgraphics completamente estacional**



Etapa 1 del Método científico - Análisis Previo de la serie  
**Análisis Previo – Estructura Estacional o Cíclica - Statgraphic**



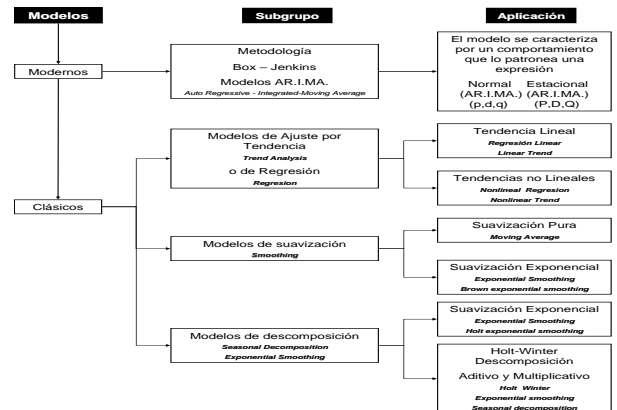
De esta forma se cubre la primera etapa de tres de pronósticos.

La segunda consiste en aparear las características de las series con los modelos adecuados, es decir existen tanto modelos como series pueden existir.

Existe básicamente un tipo de Modelos denominados AR.I.MA's que son genéricos y sirven para pronosticar cualquier serie, es decir no existirá ninguna serie de datos continuos que no sea pronosticable, esta es la primera de las dos etapas esenciales en inventarios, planear la demanda y pronosticarla adecuadamente.

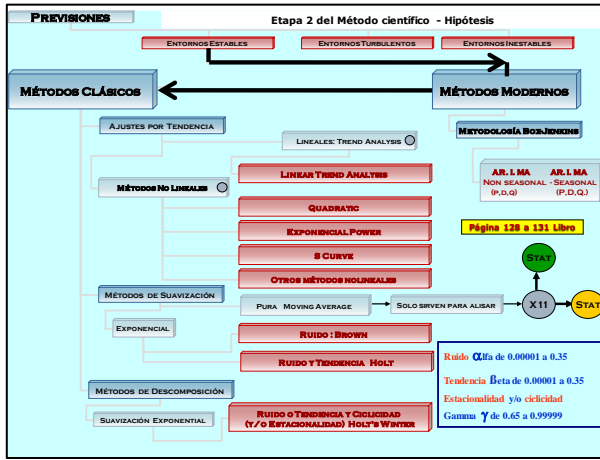
Dentro de los Modelos AR.I.MA. o derivados de la metodología Box and Jenkins, existen los Modelos Clásicos que son casos particulares, de los Modernos (AR.I.MA) para situaciones muy especiales, por ejemplo cuando predomina la tendencia se usan Modelos tendenciales lineales (*Linear Trend*) o no lineales (como por ejemplo Curva en S, *Logistic*, *Exponential Power*, Reciprocante en Y o en X y otros); cuando en la serie predomina el ruido se usa el clásico Brown; cuando existe una importancia compartida de ruido y tendencia se usa el clásico Holt, cuando lo que pesa es el efecto de temporalidad sea estacionalidad o ciclicidad, se utiliza el Clásico Holt's Winter y por último cuando no hay ninguno de los clásicos que se acomode o si es débil su aplicación, se recurre a los Modelos AR.I.MA.

**Ilustración 7 – Modelos que se utilizan en Time Series de Inventarios de mantenimiento.**



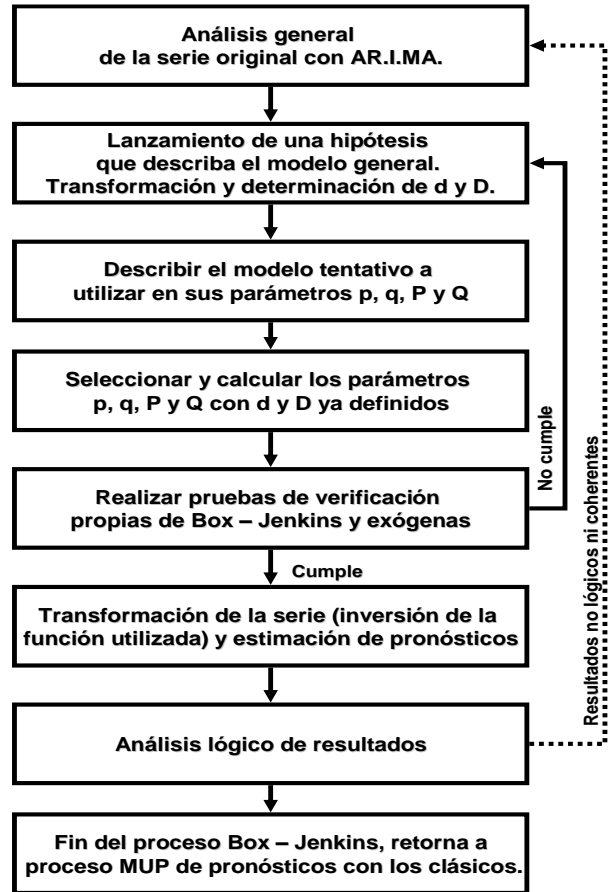
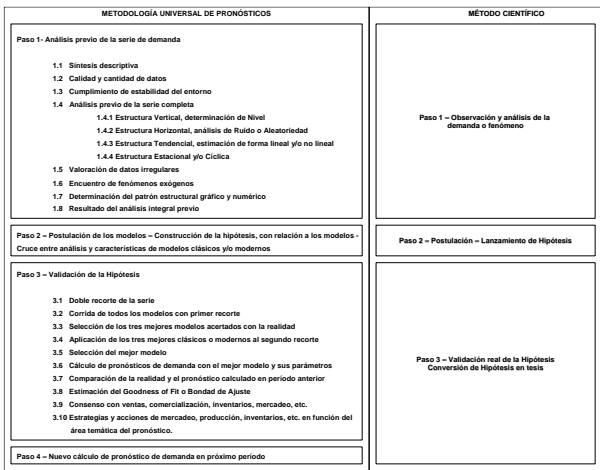
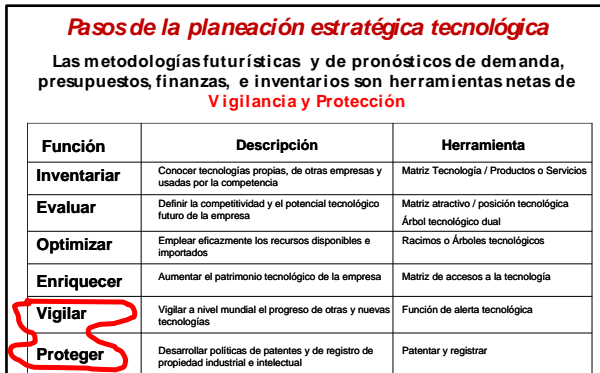
Se puede afirmar que el factor clave de éxito número dos es la profundidad matemática, estadística y estocástica que se use, los pronósticos requieren de rigurosidad matemática y del método científico aplicado correctamente, para tener pronósticos exactos que es la mitad del problema a resolver en inventarios, el segundo es la cantidad a comprar de forma certera y exacta que non genere ni exceso, ni agotado y mucho menos obsoletos, manteniendo el mínimo capital de trabajo y el máximo nivel de servicio.

Ilustración 8 - Modelos Clásicos y AR.I.M.A. que se usan en Time Series de Repuestos de Inventarios de mantenimiento.



La base del éxito del proceso de planeación, pronósticos y previsión futura de la demanda es la metodología científica aplicada en las series temporales a nivel internacional.

Ilustración 9 - Método científico aplicado a pronósticos de repuestos de inventarios en mantenimiento



Es entonces esta primera fase de tres etapas la que define y con certeza determina los pronósticos de consumo de los próximos meses, el siguiente paso es establecer las cantidades a pedir y las frecuencias del reabastecimiento lo que da respuesta a las dos preguntas claves del proceso integral: cuánto y cuánto pedir?.

### 1.2. Algoritmos de Poisson

Es importante resaltar que a diferencia de ellos cálculos de inventarios de producto terminado, en proceso o insumos de producción y comercialización, la demanda numérica en mantenimiento es baja, por lo cual las medias son inferiores en promedio a la unidad, lo que hace recomendable trabajar cálculos de repuestos en inventarios y sus pronósticos, con algebra booleana de ceros y unos, al igual también es importante y potencialmente requerido no trabajar con Distribución Normal

y más bien elaborar todos los procesos de cálculo de las cantidades y determinación técnica de los períodos de reabastecimiento en repuesto de inventarios con Distribuciones de Poisson (esto lo pueden consultar en los diferentes libros del autor venezolano Ángel Díaz Matalobos (del IESA de Caracas, actualmente reside en Europa)).

Esto de Poisson se asimila al tercer factor clave de éxito supremamente importante y diferenciador de los procesos estocásticos, estadísticos y matemáticos de inventarios de repuestos en mantenimiento.

**Ilustración 10 - Incidencia de agotados en el ROCE & Gestión de Activos**

**La Distribución de Poisson**

**Definición** Una variable aleatoria  $X$  tiene distribución de Poisson de parámetro  $\lambda > 0$  si toma valores en el conjunto  $\{0, 1, 2, \dots\}$ , con probabilidad dada por

$$P(X = k) = p_k = e^{-\lambda} \frac{\lambda^k}{k!}$$

Cálculen la función generadora de probabilidad de una variable de este tipo:

$$\phi_X(s) = E[e^{sX}] = \sum_{k=0}^{\infty} p_k e^{sk} = e^{-\lambda} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\lambda e^s)^k}{k!} = e^{\lambda(e^s - 1)}$$

A partir de esta expresión podemos obtener los momentos de la distribución:

$$E[X] = \left. \frac{d\phi}{ds} \right|_{s=0} = \lambda e^{\lambda(e^s - 1)} \Big|_{s=0} = \lambda$$

$$E[X(X-1)] = \left. \frac{d^2\phi}{ds^2} \right|_{s=0} = \lambda^2 e^{\lambda(e^s - 1)} \Big|_{s=0} = \lambda^2$$

**2. Creación del sistema integral de Inventarios**

Las Empresas en el desarrollo de su objeto social requieren varios procesos fabriles, entre ellos sobresalen los de producción, mantenimiento, comercialización y mercadeo, todos ellos tienen algo en común y es que usan inventarios, para ello se deben optimizar sus metodologías de tal forma que permitan obtener los dos principios paradigmáticos fundamentales de los inventarios: **minimizar el capital de trabajo** y **mantener el máximo nivel de servicio** (oportunidad, calidad y cantidad); a pesar de que son inversamente obtenibles, es decir si se minimiza el capital se puede deteriorar el nivel de servicio, al igual al maximizar el nivel de servicio de una forma no planeada ni técnica se dispara el capital hacia arriba; para poder lograr en simultáneo los dos

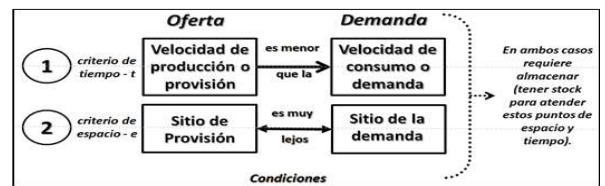
objetivos de mínimo capital y máximo nivel de servicio se debe recurrir a técnicas duras, eficaces, de alto contenido científico, matemático y estocástico, que se plasma en algoritmos autorizados y probados.

Para lograr alcanzar de forma segura dichos dos objetivos, es lógico recordar los motivos independientes o simultáneos que plantean la necesidad de tener inventarios:

*Los procesos de inventarios existen entre otras por varias razones:*

- *Los sitios de fabricación de los proveedores están muy lejos de los puntos de consumo.*
- *La velocidad de consumo es muy alta frente a la velocidad de aprovisionamiento del proceso anterior.*

**Ilustración 21 - Principios fundamentales de Inventarios de repuestos**



Para lograr este proceso de maximizar el nivel de servicio y minimizar el capital de trabajo, de forma efectiva, en el corto plazo, requiere y hace necesario emprender la pronta y rigurosa aplicación de metodologías avanzadas de *Technology Push MTS - Demand Pull MTO - Play Frozen - MTF*; lo cual se logra de forma eficaz **diferenciando** los SKU o ítems.

**3. Metodología Universal de reabastecimientos de Inventarios en Mantenimiento y Gestión de Activos**

Es importante resaltar que para lograr optimizar los inventarios y la planeación de la demanda en forma simultánea, es necesario categorizar las referencias inventariadas en *Push, Pull* y *Frozen*, al permitir esta clasificación se logran aplicar técnicas avanzadas estadísticas, matemáticas,

algebraicas y estocásticas, ya estandarizadas a nivel mundial, que permiten responder los dos preguntas vitales a resolver en ellos procesos de estimación planeada de la demanda y de reabastecimiento, en la cadena de abastecimiento.

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

La Deontología y la Axiología aplicadas exitosamente a Inventarios; promulgan dos preguntas básicas: **cuándo pedir y cuánto pedir?**.

Cuando se hace la diferenciación técnica de las distintas referencias de los inventarios (aún tratándose de miles de ellas) mediante criterios técnicos: como *ACF*, Variabilidad, Movilidad, Rotación, Criticidad, etcétera; de forma periódica (por ejemplo cada mes) detectamos que esta es la clave del éxito de los inventarios: existen algoritmos avanzados probados, estandarizados mundialmente y exitosos para determinar las cantidades a reabastecer periódicamente en Referencias *Push* o *MTS* (Método de asignación), en los *Push* o *MTO* se pide periódicamente (usualmente en las empresas que trabajamos se hace cada mes); al igual para los *Pull* *MTO* para poder lanzar pedido y hacer el reabastecimiento, se deben cumplir dos condiciones en *Pull*: que se rebase el mínimo (*ROP*) y que alguien esté requiriendo, o el Plan de Demanda pronosticada lo requiera para períodos futuros; dado que los *Pull* son de demanda aleatoria, requieren varios controles: *P* o *T*, *Q*, *R* *M* y *T*, este tiempo se pone a coincidir con los *Push* y solo se hace un requerimiento de pedidos en el mes; para los *Frozen* se tienen modelos y periodicidades ya aceptadas internacionalmente.

De esta forma se logra entonces lograr técnica y científicamente de una forma fluida y fácil el control de los inventarios, **el cual se basa en dos grandes principios:**

Una **metodología exitosa internacional de Inventarios *MTS* *MTO* *MTF*** y una **metodología efectiva, confiable y precisa de Pronósticos de Demanda bajo los métodos de Series Temporales** (lo importante es el método científico aplicado en las predicciones, más que los métodos de pronósticos), ambas basadas en el método científico, **este el cuarto factor clave de éxito.**

El éxito está en las metodologías de pronósticos y de inventarios en simultáneo.

Esto garantiza mínimo capital, máximo servicio, eliminación de agotados de excesos y de obsoletos, ahorros significativos en el capital de trabajo desde los primeros meses del proyecto y por **ende alcanza exitosamente el logro final de los propósitos de los inventarios y los pronósticos.**

#### *Fin último del Manejo de Inventarios:*

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

Acá viene la clave del éxito, a través de la diferenciación en ítems que son taxativamente opuestos, desde la óptica de características técnicas propias de los inventarios, tales como: rotación, tenencia o no en stock, movilidad, rotación, demanda, etcétera, se pueden clasificar técnicamente en:

#### ***Push, Pull y Frozen.***

Esto de entrada define la estrategia efectiva de la solución a la situación planteada, ya que las



respuestas en cada una de las dos preguntas de cuándo y cuando difiere antagónicamente en cada caso.

En el caso de los *Push*, que son los estratégicos y que se deben mantener en stock, cuya demanda no es aleatoria, también denominados Control de Inventarios por tendencia: se piden periódicamente y la cantidad a reabastecer se calcula con la fórmula técnica internacional del Método de Asignación, que incluye stocks de seguridad y otros tópicos muy técnicos propios de los *Push*.

Ya en los *Pull*, que son los que no se deben ni se desean tener en stock, ya que son peligrosos, su demanda es aleatoria, el método cambia y se piden solo si su inventario llega al mínimo y alguien los esté demandando, la cantidad a pedir es bajo la metodología del cálculo del *EOQ Economic Order Quantity*. Ya que los *Pull* son peligrosos y aleatorios, se les controla por encima con un inventario máximo, por debajo con un mínimo y por los laterales con tiempos preestablecidos en los cuales se revisan, coincidiendo con los *Push*.

En los *Frozen*, solo se piden lo que se esté demandando, es decir lo que se pronostique, para ese mes menos lo que hay, con el fin de decrecer a como dé lugar el inventario.

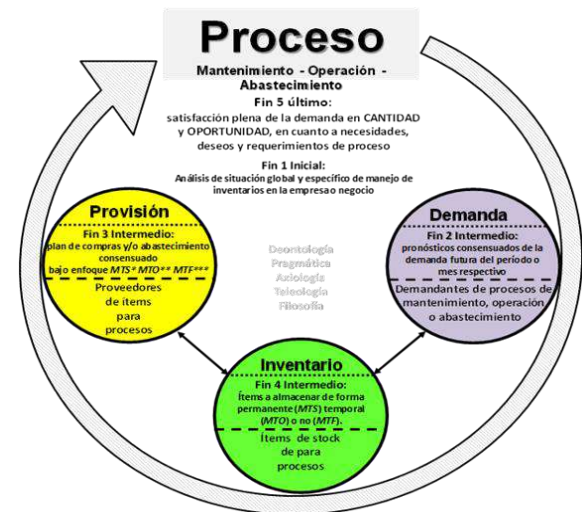
En general el proceso *MTS MTO MTF Push Pull Frozen* avala resultados efectivos, que garantizan capital mínimo, nivel de servicio máximo, satisfacción total de la demanda de la calle, no excesos, sin agotados y para nada obsoletos, que es lo ideal de cualquier inventario.

En general la empresa tiene una serie de pasos dados, que lo único que se requiere es armonizarlos, adecuarlos y darles la trazabilidad adecuada.

#### 4. Factores claves de éxito - Aplicaciones industriales exitosas de Colombia y del exterior

Aparte de los cuatro factores de éxito enunciados, es supremamente importante, que el proceso empresarial se lleve a cabo de la siguiente manera, durante los primeros meses, existen visitas mensuales de tres o más días hábiles (en fechas que se acuerdan de mutuo), que se usan en las fases de análisis de situación actual, entrenamiento en pronósticos e inventarios, como estandarización y requerimientos de la información a enviar mensualmente a la empresa procesador dueña de este método (CIMPRO SAS); la etapa de puesta a punto de programas informáticos de cálculos de reabastecimientos de inventarios y primer mes de corrida de pronósticos y de plan de compras, se realiza en el mes cuatro (en forma coordinada con la empresa cliente, acorde a los desarrollos previos); el proceso es para la empresa cliente objeto de la aplicación.

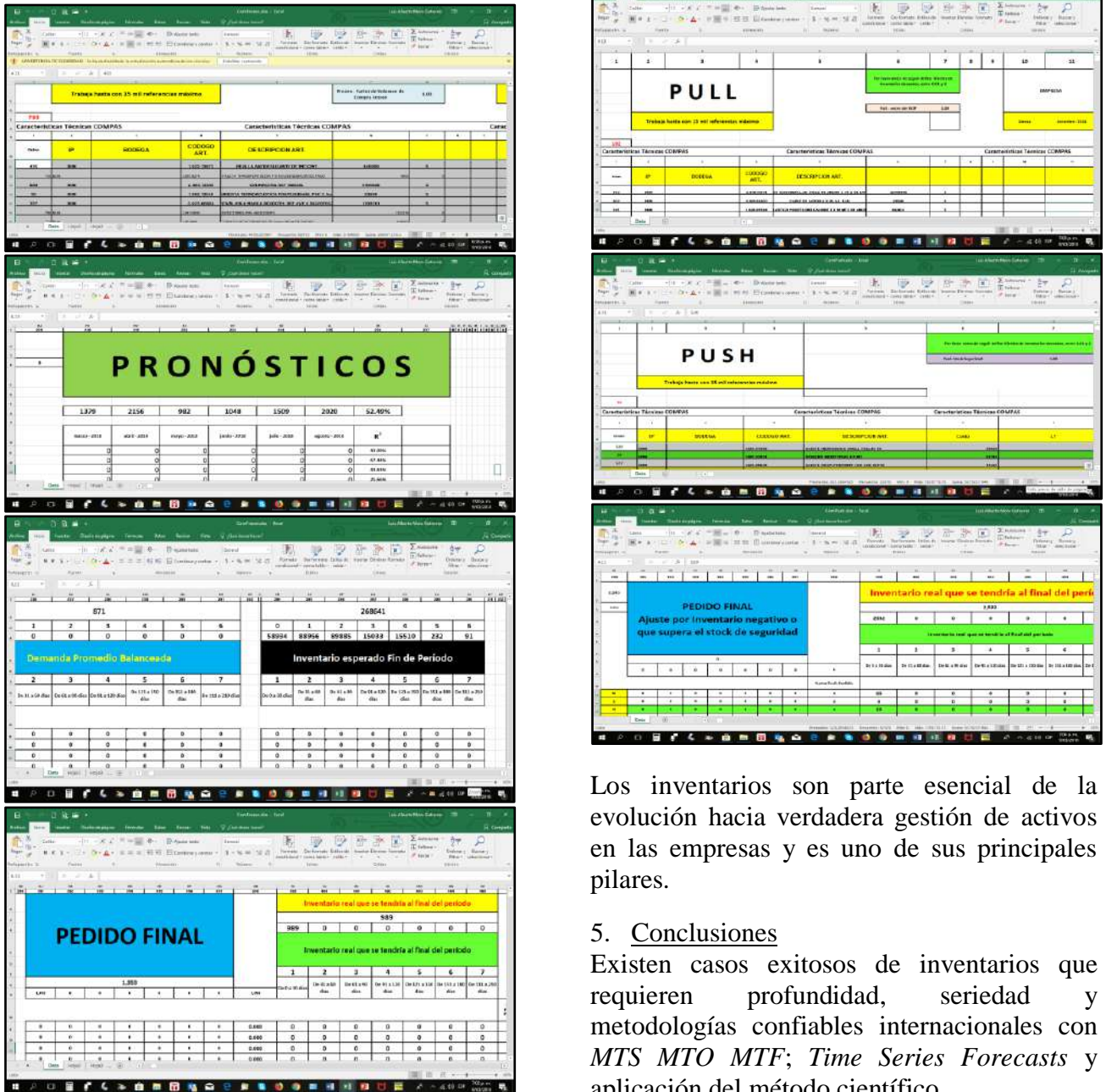
Ilustración 32 - Proceso integral aplicado inventarios en empresas reales



<sup>1</sup> En función del requerimiento.

De ahí en adelante del mes cinco hasta el treinta, con visitas técnicas de CIMPRO a la empresa cliente, es el desarrollo mensual de corridas de Pronósticos y de generación de Plan de Fabricación y/o compras, según sea materias primas, insumos, consumibles, producto terminado y/o en proceso .

Ilustración 4 - Programas informáticos exitosos en inventarios en empresas disponibles en Libros del Autor.



Los inventarios son parte esencial de la evolución hacia verdadera gestión de activos en las empresas y es uno de sus principales pilares.

## 5. Conclusiones

Existen casos exitosos de inventarios que requieren profundidad, seriedad y metodologías confiables internacionales con *MTS MTO MTF; Time Series Forecasts* y aplicación del método científico.

## BIBLIOGRAFÍA

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

**PAS 55-2:2008, PAS. 2008.** *Gestión de Activos - Asset Management*. London - England : British Standard Institution, 2008. ISBN 978-0-9563934-2-5.

Árbonas, Eduardo A. - Malinasi. 1999. *Logística Empresarial*. Barcelona : Alfaomega Marcombo - Boxierau Editores, 1999. pág. 5 a 24. 970-682127-7.

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

Ávila, Rubén - Espinosa. 1992. *Fundamentos del mantenimiento - Guías Económicas, Técnicas y Administrativas*. Primera reimposición. Cd. de México : Limusa Grupo Noriega Editores PRIMERA REIMPRESIÓN, 1992. ISBN 968-18-2528-4.

Ballou, Ronald H. 2004. *Administración de la cadena de suministro - Traducido por Carlos Mendoza Barraza y María Jesús Herrero Díaz*. México DF : Editorial Pearson Educación, 2004. págs. 1-32. ISBN: 970-26-0540-7.

—. 2003. *Business Logistics - Supply Chain Management*. Quinta. s.l. : Prentice Hall, 2003. Fecha agosto 21 de 2003. ISBN 978-0130661845.

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

Díaz, Ángel - Matalobos. 1991. *Gestión de Inventarios en Mantenimiento*. Primera. Caracas : IESA, 1991. pág. 138. ISBN 980-217-053-4.

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

Kaplan, Robert S. y Norton, David P. 2009. *El cuadro de Mando integral - Balanced Scorecard*. [ed.] Harvard Business Press. Tercera. Barcelona : Grupo Planeta, 2009. pág. 350. ISBN 978-84-9875-048-5.

Mora, Alberto - Gutiérrez. 2016. *Inventarios Cero*. Primera. Bogotá : AlfaOmega Editores Internacionales, 2016. pág. 305. ISBN 978-958-778-069-7.

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

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

—. 2015. *Stock Cero*. Primera. Medellín : CFIMPRO SAS, 2015. pág. 250. ISBN 978-958-583-61-0-5.

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

PAS 55-2:2008, PAS. 2008. *Gestión de Activos - Asset Management*. London - England : British Standard Institution, 2008. ISBN 978-0-9563934-2-5.

Patton, Joseph D. Jr. 1995. *Preventive Maintenance - The International Society for Measurement and Control - Instrument Society of America*. 1995. Vol. Second Edition. ISBN 1-55617-533-7.

Rey, Sacristán Francisco. 2003. *TPM - Mantenimiento Total de la Producción*. [ed.] Fundación Confemetal. Madrid : Fundación Confemetal, 2003. pág. 311. 9788495428493.

## CONFERENCISTAS

### Alberto Mora G.

Ingeniero Mecánico Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Mercadeo y Master en Administración de la Universidad EAFIT, Master en Negocios Universidad de Carabobo (s.c. Venezuela), Experiencia en Logística de pronósticos y de Mantenimiento Terotecnología, Gerencia (INCE Venezuela), Especialista en Logística e Inventarios en Industrias de Alta Tecnología de la Universidad Politécnica de Valencia - España. PhD. en Ingeniería Futurística de Pronósticos en la Universidad Politécnica de Valencia España. Ha laborado en cargos de dirección en logística de mantenimiento en Industrias Noel. Ha sido Gerente General de Industrias Lácteos Carabobo Valencia ( Venezuela), Industrias de Alimentos del Yocoma (Venezuela), Gerente General Gaseosas Lux - Pepsi Barranquilla Colombia, Llorede Grasas S.A. Gerente General División Plásticos Cali Colombia. Director de la Carrera y departamento de Ingeniería Mecánica Universidad EAFIT - Profesor T. C., Asesor, Consultor internacional e Investigador en Inventarios y Pronósticos de demanda e Ingeniería de Mantenimiento. Profesor de Logística en Universidad de Antioquia, EAFIT y Escuela de Ingeniería, Consultor Logístico y de Inventarios Asociado IAC Colombia. - Ha sido catedrático en el tema en ACIEM, Universidad de Antioquia, EAFIT, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Universidad del Valle de México, Universidad Federico Santamía Chile, CLAPAM Ecuador, Panamerican Consulting Nicaragua y Guatemala, IAC Honduras República Dominicana Guatemala, SESO Ecuador y Cuba, CICE Eléctrico Ecuador, Universidad Politécnica de Valencia España, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad del Valle de México, Universidad Escuela de Ingeniería, Universidad Politécnica GranColombiano, etc. Premio 2002-2006 internacional UPADI Ingeniería Logística - Premio El Colombiano Ejemplar versión Ingeniería 2000 y 2001 nominado. Consultor, catedrático, asesor y conferencista internacional en Inventarios y Pronósticos. Escritor diferentes libros, entre ellos: varios de Mantenimiento estratégico y Pronósticos de Demanda e Inventarios 2008. Colaborador de Auditoría Deloitte and Touche de Mantenimiento. Profesor, Conferencista, Investigador, Docente y Asesor de diferentes Universidades nacionales e internacionales — Presidente de COLMASU SA EMA Pronósticos, Inventarios y Mantenimiento Ecuador - Ha sido Gerente Técnico de COLDI Compañía Latinoamericana de Ingeniería de Pronósticos e Inventarios de Colombia y CIMPRO SAS Compañía de Inventarios Mantenimiento y pronósticos Colombia Ecuador - Experto y Asesor Internacional en Inventarios & Pronósticos & Ingeniería & Mantenimiento & Operación Plantas. Actualmente Profesor Investigador Asesor Mantenimiento Universidad EAFIT y Coordinador Área Pregrado y Postgrado en Mantenimiento Industrial Universidad EAFIT - Fundador, ex-Director y Miembro de Grupo Investigación GEMI EAFIT. - Profesor Investigador mantenimiento EAFIT - Director General Área Postgrado Mantenimiento Universidad EAFIT - Escritor de libros de tiraje internacional en temas afines al proyecto

Alberto Mora Gutiérrez - Grupo GEMI Mantenimiento EAFIT - Carrera 49 # 7 sur 50 - Teléfono 57 4 2619349 o 5048000 - Celular 312 2874586 - Email [lmora@eafit.edu.co](mailto:lmora@eafit.edu.co) - [cimpro@usa.com](http://cimpro@usa.com) - Universidad EAFIT - Medellín - Colombia

### Sergio Andrés Pulgarín Sánchez.

Ingeniero Mecánico de la Universidad EAFIT, candidato a master en Ingeniería con énfasis en mantenimiento industrial en la Universidad EAFIT. Ingeniero de confiabilidad en Contegral S.A. Ingeniero de lubricación en empresa RyR Mobil lubricantes para industria y minería.