

---

# Mantenimiento Productivo Total: El enlace perdido en la confiabilidad de sistemas.

Alejandro Guzmán Ocegueda, MC  
ASIDE-CETYS Universidad  
Apartado Postal 3679, Correo Zona Centro. Tijuana, BC, México.  
Tel.: (664)7007129; US eFax: 001(208)2460647  
[alexlguzman@yahoo.com](mailto:alexlguzman@yahoo.com)

---

## Resumen

Los conceptos de mantenimiento productivo total (TPM), la experiencia en la industria de manufactura y los beneficios logrados ahí pueden transportarse a la administración de sistemas de información. TPM es un programa táctico de mantenimiento de equipos de producción y procesos mediante técnicas estadísticas y mejoramiento continuo. Aplicado al proceso de flujo de información permite aumentar la confiabilidad de los sistemas de información (SI) en las organizaciones. El principio básico de beneficio es simple: contar con el equipo el mayor tiempo posible para ejecutar un plan.

## Introducción

El mantenimiento productivo total (TPM) no es algo nuevo en la industria manufacturera. TPM tiene sus orígenes en la industria automotriz de los 70's en Japón [8]. Y aún cuando no fue instituido como un propósito aislado sino como una herramienta de apoyo a las estrategias de Calidad Total, los programas de Administración de Calidad, Manufactura Esbelta o Delgada, Seis Sigma, etc., entre otros, encuentran en TPM una herramienta clave para el logro de sus metas.

El TPM ha llevado a una variedad de empresas en la mejora de las utilidades, el cumplimiento de los planes de producción-procesamiento a tiempo, la

flexibilidad en respuesta a los clientes y al desarrollo de los empleados envueltos en programas de esta naturaleza.

Sin embargo, la palabra Mantenimiento parece estar cargada de una fuerte connotación de un trabajo de menor importancia comparado con el desarrollo e incluso la operación misma de sistemas o procesos.

El desarrollo de los sistemas ha sido concebido por los profesionales de Tecnología de Información (TI) como una función digna, de honor o distinción, creando en contraparte una fama, para las actividades de mantenimiento de sistemas, de un trabajo inferior o degradante donde la mejor gente no estará necesariamente involucrada.

Los enfoques previos para el mantenimiento de estos sistemas han sido apagar los fuegos presentados en cada momento con remplazo de equipos y en actividades de preparación a las fallas, los respaldos, sistemas redundantes, seguridad en accesos, etc. Sin embargo, el valor de las mejoras, respecto al costo, no es significativo y las fallas siguen presentándose.

Los resultados son un desempeño deficiente y desgastador de toda la organización por vivir corrigiendo paros imprevistos en la infraestructura de la organización.

El impacto económico es claro: acumule los costos de los salarios de los altos ejecutivos esperando un reporte, los sueldos de los empleados en espera de un sistema en línea, los productos y servicios no vendidos durante la espera del restablecimiento de un servidor, aún cuando existía un respaldo de información y este tuvo que ser cargado nuevamente, los costos de las reprogramaciones de operaciones inconclusas, etc.

La situación es una fuerte necesidad de personal bien preparado en técnicas avanzadas de análisis de datos del proceso de información para apoyar un desempeño de Clase Mundial de la organización, donde las fallas puedan predecirse y el resultado sea

una mayor confiabilidad del tiempo útil real y continuo de los sistemas para el cumplimiento del plan de operación.

### Calidad del proceso de información

El término de calidad del proceso de información no es muy común en la administración de sistemas y tecnología de información. Sin embargo, la Ingeniería de Software ha incorporado conceptos y modelos de calidad útiles. La IEEE define calidad como “los rasgos y características totales de un producto o servicio que yace en su habilidad para satisfacer necesidades dadas” [5]. Aquí podemos resaltar la satisfacción de necesidades como la confiabilidad del sistema de información (SI) para su uso.

Los modelos de Calidad de Datos [13] y de Capacidad de Madurez [7] hacen evidente la importancia de la confiabilidad de los sistemas para lograr un nivel de calidad en el servicio de la información para la organización. La Accesibilidad es una de las cuatro categorías de calidad de información [13] y el enfoque de este tema.

Orr sugiere una forma para aumentar la calidad de los datos: “mejorar su uso” [12]. Pero para mejorar el uso la barrera de accesibilidad debe anticiparse.

La barrera de accesibilidad de la información es el resultado de varias fuentes. Una de ellas, relacionada con equipos y su mantenimiento, esta manifestada en la falta de recursos computacionales por encontrarse en paro alguno de ellos, como fuente única o parcial del proceso de información, impidiendo la integración en un proceso siguiente. A su vez, las interrupciones en el procesamiento de grandes lotes de información son más probables, resultando en demoras en la entrega y disponibilidad de la información. Las interrupciones no sólo trastornan el procesamiento de la información si no también pueden desperdiciar alguna configuración necesaria en los sistemas para procesar el lote; llevando a la necesidad de repetir tal configuración para continuar el proceso.

Los SI están sustentados fuertemente en plataformas de Hardware en alguna forma de sistema computacional. Y estos sistemas son partes

de una cadena que constituye un proceso clave en la operación de la organización [9].

La automatización y la necesidad de integración de los procesos para el apoyo a las decisiones resultan en estructuras complejas de equipos y procesos del SI. Cada subsistema forma parte de una estructura más grande (figura 1). La falla de uno de los subsistemas impacta al resto del desempeño del sistema integral.

El desempeño total de la cadena podrá estar dado por la siguiente ecuación:

$P_t = (E)^n$  cuando la eficiencia de cada subsistema es igual a lo largo de la cadena [2].

$P_t = (E_1)(E_2)...(E_n)$  donde  $P_t$  es el desempeño total,  $E_i$  es la eficiencia de cada subsistema y  $n$  es el número de

subsistemas.

El desempeño total será menor o igual a la eficiencia mínima de los subsistemas.

Si  $E_1=0.95$ ,  $E_2=1.0$ ,  $E_3=0.75$  y  $E_4=0.98$ ;

$$P_t = (0.95)(1.0)(0.75)(0.98) = 0.698$$

Podemos ver la relevancia de la confiabilidad de los equipos en el desempeño total del proceso.

### Procesos Clave

En las organizaciones podemos identificar tres procesos claves:

1.- **Flujo del Producto o Servicio.** Todas las operaciones desde la recepción de materiales hasta el embarque de los productos o entrega del servicio. Ejemplos: el corte de una pieza de madera, el ensamble de una pieza plástica, la pintura para el acabado, o la revisión de un expediente médico, los análisis para diagnóstico, hasta la receta del médico o la entrega de un automóvil.

2.- **Flujo de Recursos de Apoyo.** Las actividades de producción no directas como soporte de las productivas. Ejemplos: el diseño de una nueva herramienta para producción por un ingeniero, la sugerencia de un plan de incentivos de un gerente de recursos humanos, un curso de inducción al puesto y a los procedimientos por un instructor, etc.

3.- **Flujo de Información.** El proceso de información relativa a la sincronización del Flujo de Recursos y de Producto o Servicio. Ejemplos: la entrada de una orden de productos, la confirmación del traslado de un paciente, el reporte de inventarios, las instrucciones para la construcción de un

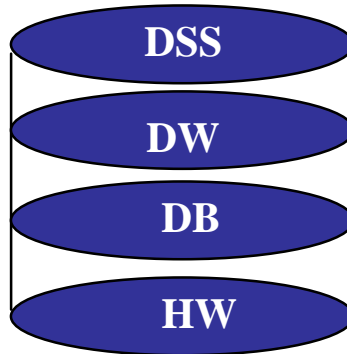
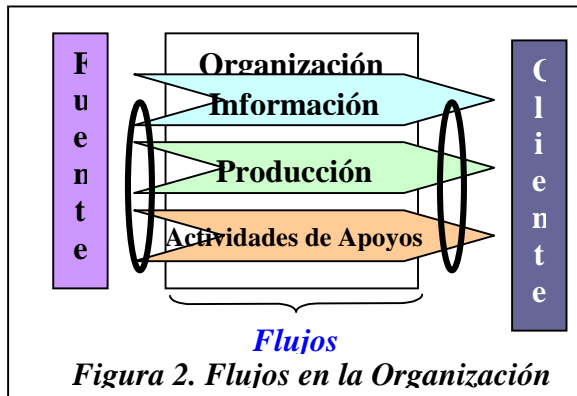


Figura 1. Subsistemas de apoyo a la decisión: Hardware, Data Base, Data Warehouse, Decision Support System

producto, los estados financieros, reportes de ventas,



**Figura 2. Flujos en la Organización**

órdenes de compra, etc.

Las empresas encontrarán estos tres tipos de flujos como parte de las actividades diarias. Aún en las empresas donde su producto o servicio es la información existirá un flujo de información para llevar a cabo el seguimiento de la generación o transferencia de información para el usuario final. Podremos notar la función de integración del flujo de información y su interacción con los otros dos tipos de flujo (figura 2). De esta forma, la interrupción al Flujo de Información resultará además en trastornos en los otros flujos. El flujo de información es quien permite la sincronización de los recursos y la confiabilidad de los equipos, que integran el sistema de información, tendrán un impacto en el desempeño de toda la organización. El sistema de información ha sido descrito por algunos como el “sistema nervioso” de la organización [6].

Las inversiones en los sistemas de información no son triviales y su impacto al proceso de producto o servicio tampoco. Por lo que podemos remarcar la relevancia de un acertado plan de mantenimiento productivo total en la plataforma de equipos computacionales en las empresas.

### TPM

El enfoque de mantenimiento productivo tiene una fuerte influencia en las corrientes de calidad de Juran y Crosby [4] respecto a la orientación de los esfuerzos hacia la prevención en lugar de la inspección.

Un rasgo característico de una organización en el nivel 5 o de optimización en el Modelo de Capacidad de Madurez [7] es la prevención de defectos, la retroalimentación de proceso de información basada en datos cuantitativos y la introducción de ideas y tecnologías innovadoras con programas piloto.

En términos de mantenimiento de equipos, el enfoque será hacia la prevención de las fallas en los equipos en lugar de la corrección de las mismas.

El principio básico de beneficio al implantar un programa acertado de TPM, es simple: contar con el equipo el mayor tiempo posible para ejecutar un plan.

Algunos beneficios encontrados en la industria de manufactura, como los listados a continuación sobre un caso, prometen resultados similares en la administración de sistemas de información:

- Reducción de más del 70% en tiempos caídos no planeados.
- Reducción del 16% en costos de mantenimiento.
- Reducción a un turno de operación.
- Reducción en inversión Capital de \$650,000 dólares.
- Mejoramiento del 250% en salida del proceso.

[14]

Los resultados pueden variar de un caso a otro. Algunos han reportado reducciones en tiempo caído no planeado de hasta 98% [10][3].

### ¡Cuidado! Otros han fracasado.

Los artículos publicados sobre los beneficios de TPM hacen referencia sólo a casos de éxito. Sin embargo, la gran mayoría ha fracasado en la implantación de un programa de TPM. Mora señala un 90% o más de las compañías fracasan en sus programas de TPM [11]. Podemos listar cinco omisiones fuentes del fracaso:

- TPM como una cultura y no como una técnica más.
- La alta dirección como padrino de todas las actividades TPM.
- El entrenamiento del personal en las técnicas y herramientas necesarias para TPM.
- Una visión compartida y conocimiento del impacto de TPM por las personas participantes.
- La responsabilidad de los empleados en el éxito del programa.

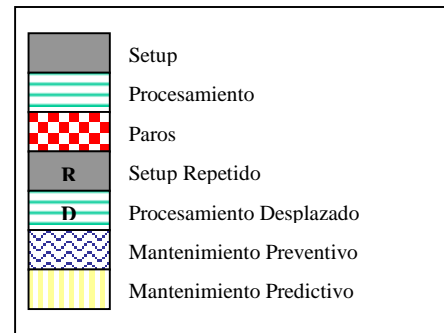
Las organizaciones en busca de los beneficios prometedores de TPM en la administración de sistemas podrán tomar en cuentas estos factores.

### Mantenimiento Correctivo: ¡Insuficiente!

La aleatoriedad de las fallas es el principal factor para el incumplimiento de lo planeado.

TPM es un programa táctico de apoyo al tiempo total útil de los equipos y maquinaria de una organización. Consiste en asignar tiempo para llevar

Mantenimiento	Enfoque	Impacto
Correctivo	Reparar las fallas del equipo cuando ocurren de manera aleatoria	Las fallas sigues sucediendo
Preventivo	Asignar tiempo para actividades rutinarias de mantenimiento en base a la experiencia de los paros	Reducción mínima y fallas inesperadas aún esta presentes
Predictivo	Información es recabada para anticipar el momento de la falla	Acciones pueden tomarse para programar el paro donde el costo sea menor
Proactivo.	La información de paros e indicadores de próximos paros son la base para la mejora de procedimientos de operación y aún rediseños de los equipos para una confiabilidad de cero paros inesperados	Las horas de paro son reducidas a cero a través de proyectos de mejora basadas en datos predictivos



**Tabla 1. Tipos de mantenimiento**

el mantenimiento del equipo de una manera planeada y anticipada con el fin de reducir el tiempo de paro de un equipo debido a fallas en un momento impredecible. Murphy sugeriría que el paro además sucederá en el momento menos deseado.

Existen los siguientes tipos de mantenimiento para alcanzar el mantenimiento productivo total: Correctivo, Preventivo, Predictivo y Proactivo [3].

La relación entre éstos es mostrada en la Tabla 1. Una organización sin esfuerzos TPM vivirá en el nivel correctivo. Algunos esfuerzos fallidos sobre TPM estancarán a las empresas en niveles anteriores al Proactivo. La forma de avanzar en los niveles de mantenimiento es por medio de la aplicación de herramientas estadísticas utilizadas en los programas de calidad (Tabla 2).

A pesar de una aplicación comprensiva de las

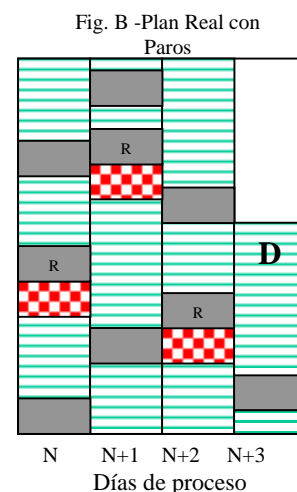
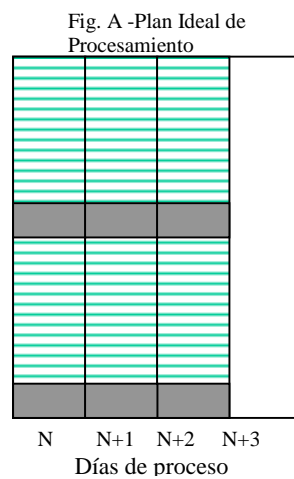
Herramienta	Descripción	Objetivo
Diagrama de Pareto	Gráfica de frecuencias ordenada descendientemente	Identificar las fuentes que producen el 80% de los paros
Diagrama de Pescado	Asociación del efecto con fuentes como Equipos, Suministros, Operarios y Procedimientos	Despliegue de los factores relevantes al síntoma bajo análisis
Gráfica de Tendencia	Gráfica de series de tiempo para identificar patrones en desempeño	Visualizar y predecir el nivel de desempeño a través del tiempo
FMEA	Análisis de Modo de Falla	Registrar las causas, responsables, variaciones e impacto de las acciones propuestas
Gráfica de Control	Establece límites de control con respecto a la meta ideal a través del tiempo	Conocer la consistencia en desempeño y la proximidad a un límite donde no habrá oportunidad de reacción
MTBF	Tiempo promedio antes de falla	Programar la operación y mantenimientos preventivos en base a este estimador

**Tabla 2. Herramientas de análisis TPM**

herramientas estadísticas, la información sólo podrá aspirar a un nivel predictivo en el mejor de los casos. Un monitoreo frecuente de las métricas de desempeño y sus factores clave permitirá inferir el comportamiento de los equipos en el periodo

siguiente. No es suficiente conservar registros de tiempos caído y asignar rutinas de mantenimiento, sino además un análisis de información como apoyo a un proyecto de mejora continua evaluado por el decremento sostenido del tiempo de paro no planeado.

Las figuras A, B, C y D muestran los trastornos en un plan de procesamiento. Imagínese contar con 168 horas disponibles en la semana para su operación (Fig. A) pero no saber en que momento los equipos fallarán y por cuanto tiempo; resultando en una



reducción del tiempo útil efectivo de su semana de operación (Fig. B). Sin embargo, si esas horas pudieran ser planeadas con anticipación su organización estaría en mejores condiciones para conseguir las metas de

operación aún con el tiempo restante (Fig. C). El mantenimiento preventivo podrá reducir los tiempos caídos pero no eliminarlos.

Las figuras ejemplifican un caso conservador de desperdicio de tiempos de configuración (septup) y su repetición cuando un proceso es interrumpido.

Otros procesos como la transmisión de archivos desperdician aún el tiempo invertido en el proceso cuando son interrumpidos. Al seguir el desempeño por tres días de proceso, observaremos en el cuarto día (N+3) procesos desplazados por las interrupciones en días anteriores. Bajo el esquema de mantenimiento predictivo notaremos una reducción considerable de los procesos desplazados (Fig. D). Estos desplazamientos tendrían implicaciones en el incumplimiento de los tiempos de entrega, costos adicionales por Setups repetidos, horas extras adicionales y nuestra reputación, por mencionar algunas.

Las compañías con altos niveles de automatización o con un giro para la producción de información identificarán la relevancia del mantenimiento productivo para la reducción de la variabilidad. Las compañías con otros giros empresariales pueden subestimar el impacto de sus equipos computacionales y redes en sus operaciones primordiales.

### Implicaciones Organizacionales

Las empresas deberán considerar resistencia al cambio al iniciar un programa de TPM, así como el desarrollo de autoestima del personal involucrado en las actividades de mantenimiento. Y asegurar un entendimiento en todos los niveles del impacto económico de un programa eficaz de TPM.

Una inversión es necesaria en entrenamiento y equipo de análisis de datos de desempeño de los equipos de procesamiento. El entrenamiento es imperativo para coordinar y apoyar cada actividad de las iniciativas de TPM en sus diferentes tipos de mantenimiento y comprende desde las técnicas de manipulación de datos, solución de problemas [1], análisis estadístico y mejoramiento continuo; hasta el manejo de equipos específicos para la colección de datos predictivos. Es como vigilar los signos vitales de una persona y al notar un aumento o decremento del ritmo cardíaco o temperatura corporal, incremento o decremento de la presión

arterial para saber que la persona está a punto de padecer seriamente. Para los sistemas esto puede anticiparse con el apoyo de equipos de monitoreo, tales como analizadores de red, para monitorear colisiones de paquetes en una red antes de colapsar el servicio, analizadores de vibración y térmicos para obtener pistas de un componente, módulo o equipo a punto de fallar.

La participación en un programa de TPM elevará la moral de los colaboradores mediante la atención recibida y mostrada como entrenamiento y la oportunidad de ser tomados en cuenta; además de las mejoras en calidad de vida por la reducción de estrés mediante la eliminación de los trastornos ocasionados por los paros no planeados en la operación de la organización.

Un cambio de cultura es necesario hacia nuevos paradigmas en horarios de trabajo del personal de TI. Los horarios pueden ser no continuos de acuerdo a las necesidades predictivas y proactivas del programa TPM. Además, un paso importante es la participación del operador-usuario de los equipos de procesamiento en el mantenimiento básico de los mismos. Esta transferencia de funciones, con el entrenamiento pertinente, a su vez permitirán liberar tiempo del personal titular de TI para el desarrollo de actividades predictivas-proactivas. Incluso, los organigramas pueden cambiar para dedicar grupos a labores reactivas, mientras otra parte del grupo desarrolla una infraestructura para la

predicción y proacción. En la medida del progreso en TPM, la porción reactiva será transformada a actividades preventivas hasta minimizar las condiciones “apaga fuegos”.

TPM no es un proyecto del departamento de mantenimiento de sistemas sino un camino para la eficiencia de las operaciones y la alta dirección debería estar interesada. Un padrino del programa TPM es determinante para el éxito. Las barreras inter departamentales, conflictos de intereses y

Fig. D -Plan Real Incorporando Predictivo

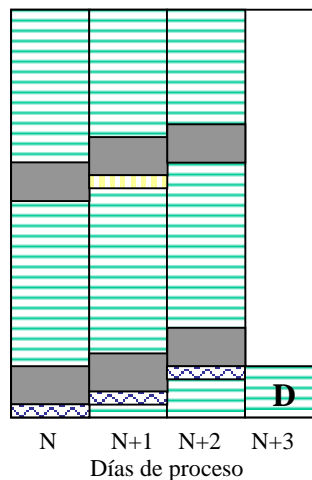
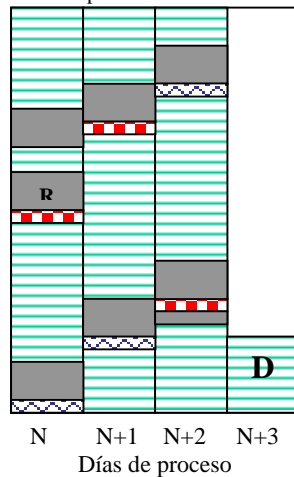


Fig. C -Plan Real Incorporando Preventivo



prioridades son reducidos-alineados al converger en las demandas del padrino de TPM con la autoridad suficiente para exigir resultados, independientemente del entendimiento de todos sobre la importancia del impacto económico del programa TPM.

### Conclusiones

El programa TPM ofrece beneficios importantes para la operación de las empresas. TPM no es solo para los procesos productivos de manufactura. Los tres flujos característicos en las organizaciones son beneficiados al implantar un programa de TPM en el Flujo de Información, mostrando un impacto positivo específicamente en la confiabilidad del SI.

Un beneficio económico es resultado de la mejora en la confiabilidad por el aseguramiento del tiempo total útil de los equipos computacionales y los costos derivados por los trastornos de los procesos en toda la organización en cada interrupción del proceso de Flujo de Información.

La transferencia de la experiencia en los programas exitosos en la industria de manufactura a la administración de los SI minimiza las amenazas de fracaso en la implantación de un programa TPM.

### Referencias

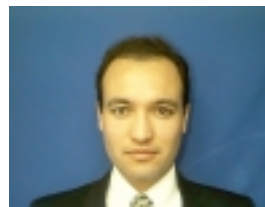
1. Arthur, L. Quantum Improvements In Software System Quality; Communications of the ACM; June 1997, Vol. 40, No. 6. pp46-52.
2. Askin, R., Standridge, C. Modeling and Analysis of Manufacturing Systems; John Wiley & Sons, Inc.; USA:1993.
3. Blann, D. Proactive Maintenance as a Strategic Business Advantage; Marshall Institute, Inc.; Septiembre 11, 1997. [www document] Ultimo acceso: Septiembre 5, 2001.  
<http://www.marshallinstitute.com/pubs2/ChicagoTMG.pdf>
4. Business Open Learning Archive The Gurus of Quality; Autor; [www document] Ultimo acceso: Septiembre 5, 2001.  
<http://sol.brunel.ac.uk/~jarvis/bola/quality/guru.html>
5. Fox, C., Frakes, W. The Quality Approach: Is It Delivering?; Communications of the ACM; June 1997, Vol. 40, No. 6. pp25-26.
6. Gates, B. Los negocios en la era digital; Plaza & Janes Editores, S.A.; México:1999.
7. Herbsleb, J. et al. Software Quality and the Capability Maturity Model; Communications of the ACM; June 1997, Vol. 40, No. 6. pp30-40.
8. Kennedy, R. GAT Really is Australasian 3rd Generation TPM?; The Centre for TPM; Junio 2001;

[www document] Ultimo acceso: Septiembre 5, 2001.

<http://www.ctpm.org.au>

9. Maier, L. Rethinking Strategic Information Systems; Information Systems Management; Fall 1997. pp42-47.
10. Marshall Institute, Inc. Total Productive Maintenance Case Study; Autor; [www document] Ultimo acceso: Septiembre 5, 2001.  
<http://www.marshallinstitute.com/pubs2/tpmcase.htm>
11. Mora, E. The Right Ingredients for a Successful TPM or Lean Implementation; TPM Online; Noviembre 18, 2000; [www document] Ultimo acceso: Septiembre 5, 2001.  
[http://www.tponline.com/articles\\_on\\_total\\_productive\\_maintenance/management/keys2success.htm](http://www.tponline.com/articles_on_total_productive_maintenance/management/keys2success.htm)
12. Orr, K. Data Quality and Systems Theory; Communications of the ACM; February 1998, Vol.41, No.2. pp66-71.
13. Strong, D. et al. Data Quality In Context; Communications of the ACM; May 1997, Vol. 40, No. 5. pp103-110.
14. Williamson, R. The Secret of Total Productive Maintenance is in the Details; Strategic Work Systems; February 2001. [www document] Ultimo acceso: Septiembre 5, 2001.  
[http://www.swspitcrew.com/html/feb\\_01.html](http://www.swspitcrew.com/html/feb_01.html)

### Currículo Vitae



Alejandro Guzmán es candidato a Doctor en Ingeniería con concentración en Manufactura por Arizona State University y CETYS Universidad. Es Maestro en Ciencias en Administración Industrial e Ingeniero en Sistemas Electrónicos por CETYS Universidad. Su área de investigación es el apoyo a las decisiones en operaciones industriales a través de modelos y tecnología de información, la simulación por computadora y modelado organizacional como herramientas de manufactura y calidad. Actualmente es Consultor de Empresas y presidente del Grupo ASIDE (Asesoría y Soluciones Integrales para el Desarrollo Empresarial); simultáneamente es profesor y coordinador del programa de Maestría en Ciencias en Administración Industrial en CETYS Universidad. Ha laborado en el ambiente industrial ocupando puestos como Gerente Corporativo de Desarrollo de Equipo de Prueba Eléctrica, Gerente de Ingeniería de Producto y Gerente de Sistemas y Tecnología de Información.