

Proyecciones

Publicación de Postgrado e Investigación de la Facultad Regional Buenos Aires

Argentina - Año 1 N°2 - Octubre 2003



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

Proyecciones

Autoridades:

Universidad Tecnológica Nacional

Rector

Ing. Héctor Carlos Brotto

Vice-Rector

Ing. Carlos E. Fantini

Facultad Regional Buenos Aires

Decano

Arq. Luis Ángel De Marco



Proyecciones

Volumen 1
Número 2
Octubre 2003

Publicación de la Facultad Regional Buenos Aires

Director
Dr. Isaac Marcos Cohen

Comité Editorial
Lic. Miguel Languasco
Ing. Hugo Donato
Dr. Isaac Marcos Cohen

Propietario
Facultad Regional Buenos Aires,
Medrano 951, (C1179AAQ)
Buenos Aires, República Argentina

ISSN: 1667-8400

Registro de Propiedad
Intelectual: No. 249398

✱ Universidad Tecnológica Nacional

Índice

Presentación

- 5 Sr. Decano de la Facultad Regional Buenos Aires,
Arq. Luis A. De Marco

7 Editorial

Sr. Secretario Académico de la Facultad Regional Buenos Aires,
Ing. Ricardo Bosco

Comunicaciones

- 9 **Kaizen y Pensamiento Austero. Impacto en la Administración de Negocios en la Pequeña y Mediana Empresa**
C. Vidal, M. M. Mazzini
- 39 **Estudio sobre la Obtención de una Ventaja Competitiva Sostenida a través de Nexos Informáticos entre Instituciones de Investigación y Desarrollo y PYME's**
E. L. Gache, J. González, O. Peusner
- 51 **Ingeniería Cardiovascular:
Modelización de la Pared Arterial y su Aplicación al Diagnóstico no Invasivo de Arteropatías**
R. L. Armentano, S. Graf, F. M. Pessana, D. Craiem, D. Barral, M. Risk.
- 63 **Determinación Experimental de Parámetros para el Modelo Matemático de Motores y Generadores de Corriente Continua. Simulación Dinámica del Sistema**
A. M. Mariani, E. Ciccolella
- 77 **Instrucciones para la Presentación de Artículos**

Presentación

Creo que estamos en un momento en el que debemos avanzar mucho en el sentido de la cooperación científica tecnológica y uno de los instrumentos al servicio de esta política de colaboración es sin duda, fomentar intercambios de experiencias, es por ello una de las razones de la existencia de "Proyecciones".

Es necesario pensar y favorecer la incorporación de tecnologías sosteniendo una concepción global dentro de un marco natural entre la educación y la demanda social, y entre el sistema educativo y los constantes avances tecnológicos.

Es propósito de esta publicación, difundir las tesis presentadas y aprobadas de los magísteres que cursaron maestrías en nuestra facultad, así mismo todo trabajo de investigación desarrollado por docentes de la casa y toda otra experiencia e investigación que posibilite el intercambio científico tecnológico para incentivar el impacto en nuestra sociedad.

Resulta importante abordar este tema para lograr que el conjunto de actores sociales determine el impacto y reflexionen sobre las distintas propuestas.

Es conveniente potenciar una base científico- tecnológica amplia, así los sectores de la economía social podrán utilizarla con criterios de calidad interna y no sólo con el de rentabilidad económica.

El progreso en el conocimiento científico tecnológico avanza bajo la demanda generada por necesidades que surgen en el contexto general de las sociedades.

Es imprescindible que además del descubrimiento técnico producto de la investigación, exista un proceso de gran difusión, mediante la cual se pueda invadir, entrar en el campo tecnológico, que sumado a la difusión, se obtiene la capacidad de integración dentro del sistema productivo.

Nuestra política de desarrollo debe tener en su conformación la necesidad de incorporar las innovaciones tecnológicas en el conjunto de tecnologías de la comunicación.

Arq. Luis Ángel De Marco

Editorial

El contenido de este segundo número de Proyecciones refleja no sólo el variado interés de los graduados por las diversas especializaciones académicas que brinda esta Casa de Estudios, sino también el entusiasmo a la hora de participar con su aporte.

Sin duda, la transmisión de experiencias y la permanente generación de cocimiento son las herramientas que mejor enriquecen y otorgan vitalidad a la comunidad educativa. Investigar los temas aprendidos y exponerlos abre los horizontes del diálogo y permite la revisión de la práctica presente para proyectar el futuro deseado.

Esta publicación creada con el objetivo de difundir, promover y estimular la investigación científica se ha convertido, tal cual fue pensada, en un verdadero espacio de encuentro profesional. Vale entonces un especial reconocimiento a todas aquellas personas que la hacen posible.

Para esta edición el Comité Editorial ha seleccionado cuatro trabajos.

En el primero, C. Vidal y M. M. Mazzini describen las razones que motivan la baja competitividad de las PYMES argentinas, en el ámbito internacional, comparadas con las de otros países y, en un contexto basado en Kaizen se proponen distintas estrategias dinámicas para optimizarlas.

Por su parte F. L. Gache, J. González y O. Peusner presentan un estudio sobre la realidad que viven las PYMES y los problemas, internos y externos que deben afrontar, en especial las argentinas y las distintas soluciones que pueden ayudarlas y fortalecerlas.

El tema de la Ingeniería Cardiovascular y la utilización de la modelización matemática, con sus ventajas y desventajas, es encarada en el tercer trabajo por un equipo integrado por R.L. Armentano, S. Graf, F.M. Pessana, D. Craiem, D. Barral y M. Risk.

Por último A. M. Mariani y E. Ciccolella abordan un estudio que describe un procedimiento experimental para la determinación de los parámetros que caracterizan el modelo matemático de las máquinas de corriente continua.

Como podrá apreciar el lector, el contenido de estas investigaciones podrá alcanzar una mayor envergadura cuando llevadas a la práctica cotidiana demuestren una vez más, la importancia de estimular permanentemente la generación de conocimientos.

Ing. Ricardo Bosco

Kaizen y Pensamiento Austero. Impacto en la Administración de Negocios en la Pequeña y Mediana Empresa*

C. Vidal, M. M. Mazzini

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Medrano 951 (C1179AAQ) Buenos Aires, República Argentina

E-mail:maestrias@cedi.frba.utn.edu.ar

Resumen

Este trabajo describe las investigaciones realizadas con el fin de establecer las razones que motivan la baja competitividad internacional de las PyMEs argentinas, en comparación con la realidad que puede apreciarse en el extranjero. Se sugiere una metodología de desarrollo de las competencias dinámicas que han permitido a PyMEs en otros países, desarrollarse y orientar sus acciones comerciales hacia el terreno internacional con singularmente exitosos resultados. También se establece un nexo entre las pocas PyMEs argentinas que se han convertido en exportadoras exitosas, y el desarrollo, aunque parcial, de competencias dinámicas.

Abstract

This work describes the investigations carried out with the purpose of establishing the reasons that motivate the low international competitiveness of the Argentinean SMEs, in connection with the reality that can be appreciated abroad. A methodology is suggested for the development of dynamic competences that have allowed SMEs in other countries to develop and guide their commercial actions toward the international context, with singularly successful results. A nexus among the few Argentinean SMEs that have become successful exporters, and the development, although partial, of dynamic competitions, is also settle down.

* Trabajo realizado sobre la base de la tesis presentada por C. Vidal para optar al grado de Magister en Administración de Negocios.

Introducción

El trabajo que a continuación se resume se originó en la comparación entre dos realidades empresarias. La primera podía apreciarse en las opiniones de PyMEs locales, en las que se planteaban básicamente restricciones exógenas para realizar en Argentina negocios con éxito. La segunda surgía de la actividad de las PyMEs en otros países, las que se desempeñaban en contextos que, de una u otra forma, eran tan restrictivos como el local, y aún así lograban un crecimiento y desarrollo exitosos. Profundizando el análisis, se observó que en este plano de la realidad PyME y no PyME en el extranjero, eran mayoría las empresas que habían abrazado la filosofía y estrategias contenidas en el paradigma conformado por Kaizen y el Pensamiento Austero o Flexible.

Esta observación dio lugar a un trabajo de investigación que inicialmente se centró en el desarrollo del paradigma, abarcando los actores que influyeron en él desde principios del siglo XX, teniendo como objetivo identificar los factores que caracterizaran el cambio, los motivadores de éxitos y fracasos en la implantación del mismo y el modo en que el cambio de paradigma se fue desplegando a través del mundo. Posteriormente se recurrió a trabajos realizados por prestigiosos investigadores de universidades locales, con el objetivo de caracterizar el impacto del paradigma en las PyMEs y también explorar la difusión del mismo en el ámbito local, confirmándose además las hipótesis establecidas al inicio.

Los elementos de juicio surgidos del trabajo realizado en la primera etapa de investigación, sumados a los obtenidos en la bibliografía reciente sobre el tema, determinaron una propuesta de programa de introducción de las estrategias Kaizen y el Pensamiento Austero en las PyMEs que, según la evidencia empírica disponible, asegurara firmes posibilidades de éxito en la solución del problema de falta de exportaciones que afecta a las mismas y como consecuencia a la Argentina.

Descripción del Problema – Impacto del Cambio

El economista Adam Smith explicaba en su libro *Investigación Sobre la Naturaleza y Causas de la Riqueza de las Naciones* (1776), que la propensión al trueque y al intercambio de bienes es una característica intrínseca de la naturaleza humana. El comercio derivado de lo anterior se constituyó en una necesidad humana básica, atento a que se tradujo en beneficios para los individuos, sociedades y regiones, quienes lograron completar la disponibilidad de bienes que les eran escasos y cimentar a la vez sus economías, a través del desarrollo de la producción de otros bienes y la especialización en aquéllos que, por distintas razones, podían ofrecer con calidades y a costos más convenientes. El comercio internacional se tradujo luego en crecimiento de la producción de los países y en una asignación más eficiente de recursos, permitiendo a países e individuos consumir mayor cantidad y diversidad de bienes, pero también e indudablemente, ayudando a generar riqueza y aumentarla a través de políticas gubernamentales y patrones de conducta adecuados.

Esos patrones de comportamiento impulsados por los distintos países en relación con la producción y el comercio internacional, conformados por el conjunto de actitudes sociales, educativas, económicas y políticas impulsadas internamente por las sociedades y sus gobiernos, provocaron transformaciones propias que luego se difundieron en el mundo, resultando en:

- La expansión mundial de las actividades económicas, comerciales y de tecnología, en mayor interconexión e interdependencia entre espacios de naciones y la transnacionalización de los agentes económicos (Kosacoff y López, 2000).
- Nuevas prácticas tecnológicas y productivas, generadas a partir del surgimiento de nuevos sistemas de organización de la producción y el surgimiento de nuevas tecnologías (Kosacoff y López, 2000; Womack y colaboradores, 1991).
- La transición hacia la sociedad del conocimiento, basada en la producción, distribución y uso del conocimiento y la información, y caracterizada por la inversión en activos intangibles como investigación y desarrollo, patentes, licencias, entrenamiento, capacitación, información, etc., que se hace más significativa y crece a ritmos más rápidos que la inversión en activos físicos (Kosacoff y López, 2000).

En este ambiente complejo se observa que las empresas que se desempeñan en países desarrollados, optan por estrategias y formas de producción más flexibles e innovadoras, como modo de responder a la globalización y a las cambiantes preferencias y demandas de los consumidores. Para alcanzar este objetivo no basta con sólo incorporar tecnologías modernas, sino que es preciso adoptar simultáneamente nuevas formas de organización de los procesos de investigación, diseño, gestión, producción y comercialización. Estas reestructuraciones internas, frecuentemente están acompañadas de nuevas y más frecuentes relaciones con otras empresas, de modo de obtener rebajas de costos, incrementar la especialización, ganar economías de escala y repartir riesgos (Kosacoff y López, 2000).

El Impacto en Argentina

Mientras esta transformación tenía lugar, Argentina se mantenía cerrada a los cambios que se producían, determinando que nuestro producto bruto per cápita, indicador de la capacidad generadora de riqueza argentina, creciese a un ritmo decididamente lento. A principios de los noventa, las empresas argentinas fueron violentamente introducidas a este contexto, caracterizado por transformaciones de enorme impacto en las tecnologías, prácticas productivas y métodos organizacionales, con la apertura de la economía que las enfrentó a una amplia redefinición de las reglas de juego en el escenario económico local. También las puso a prueba frente a desafíos y oportunidades cuya resolución definiría en gran medida las características del desarrollo que asumiría el país a largo plazo (Kosacoff y López, 2000). Era de esperar que las firmas aceptaran el desafío de evolucionar y revolucionar en sus prácticas empresarias de modo de tomar las oportunidades que se descubrían ante la apertura al mundo.

Analicemos la evolución del PBI per cápita (Rodríguez Báez, 2000) de Argentina versus el de dos países intrínsecamente relacionados con las transformaciones mundiales mencionadas, para apreciar cómo acompañó la economía local el paso de las mismas y cómo evolucionó nuestra capacidad para generar riqueza, comprendida por el conjunto de bienes con suficiente valor económico como para que fuesen susceptibles de ser comercializados internacionalmente en la mayor proporción, principalmente porque tuviesen capacidad de satisfacer ampliamente necesidades humanas en el resto del mundo.

PAÍS/ANO	1950	1990	1997	1999
Japón	309	17625	29928	34340
Estados Unidos	1907	21827	30347	32290
Argentina	886	5532	7428	7740

Japón se encontraba en 1950 arrasada por los efectos de la guerra, y carecía de ventajas competitivas estáticas, como gran extensión territorial o recursos naturales, que permitiesen pensar en un potencial futuro dominante en el mundo de los negocios internacionales. Estados Unidos de Norte América poseía todo lo que faltaba a Japón y no había sido afectado directamente por los efectos de la guerra en la que había salido triunfante, pero había consumido importantes cantidades de sus propios recursos en ella. Argentina, sin participación en guerra alguna y con importantes ventajas competitivas estáticas basadas en extensión de territorio, clima y disponibilidad de recursos naturales, casi triplicaba al PBI per cápita de Japón y mantenía una relación de 1 a 2 con Estados Unidos.

Los tres países evolucionaron luego al compás de sus patrones de conducta y políticas gubernamentales, alcanzando en 1999 las posiciones que se indican en la columna correspondiente. Mientras en 49 años Japón multiplicó su PBI per cápita por 111, EEUU lo hizo por sólo 17 y nuestro país por apenas 8.7, cayendo luego abruptamente por los efectos de la crisis que atraviesa desde hace algunos años. A 1999, estos guarismos indican que ambos países casi quintuplican los resultados locales y luego de las acciones en política económica de principios del 2002, se podría esperar que la superen en más de 20 veces.

Un análisis un poco más extenso nos permitiría definir el problema argentino como la falta de competitividad internacional por ausencia de competencias dinámicas actualizadas, debido a la ausencia del conocimiento necesario sobre las mismas por una falla en la formación social, empresarial y gubernamental, problema que se caracteriza por un muy bajo nivel de exportaciones argentinas y una baja capacidad de generación de riqueza.

El Impacto en las PyMEs

El esquema macroeconómico en el que se desenvuelven las PyMEs se ha visto profundamente transformado por la convertibilidad, la apertura al mundo y el proceso de integración regional vía el MERCOSUR y otros acuerdos regionales, creando un escenario para los negocios cuyas pautas escapan dramáticamente a aquéllas que históricamente habían definido cómo hacer negocios en Argentina.

Distintos estudios realizados sobre PyMEs argentinas en los últimos años ejemplifican acerca de impactos del paradigma en las PyMEs: por un lado, existen a lo sumo unos cientos de empresas que han podido implementar una estrategia que les fue favorable, obteniendo altos niveles de eficiencia, calidad e innovación, y alcanzando en varios casos una interesante expansión hacia mercados externos exigentes, siendo esto el resultado de esfuerzos individuales de algunos empresarios que no reflejan un común denominador (el caso de la firma Taranto es un ejemplo); en oposición a lo anterior, varios miles de PyMEs industriales han salido del mercado, finalizando sus actividades entre 1993 y 2000, debido a la fuerte presión competitiva y la severidad económica. Si bien no existe un estudio detallado, se tiene la presunción que en la mayoría de los casos, esto fue el resultado de la incapacidad de los empresarios para diseñar y poner en marcha un proceso de reconversión que pudiera confrontar con mejores resultados los cambios en sus mercados y en los escenarios de negocios (Kosacoff y colaboradores, 2000).

El gran objetivo, para las industrias en general y para las PyMEs en particular, es entonces posicionarse estratégicamente en una mejor situación competitiva, con el objeto de lograr esa confrontación en términos favorables. Uno de los mayores desafíos para las PyMEs es el de incrementar la eficiencia produc-

tiva y la competitividad, en los procesos productivos y mercados donde desarrollan sus actividades. La necesidad de introducir innovaciones o adaptaciones tecnológicas en la empresa se vuelve condición necesaria para enfrentar la pugna competitiva. Pero igualmente es fundamental destacar que, mientras que hace tiempo se acepta que la tecnología está incorporada en el capital físico, el reconocimiento de que también forma parte del capital humano es más reciente, y existen pocas dudas acerca de que las habilidades humanas son esenciales para utilizar, adaptar y mantener las nuevas tecnologías incorporadas a las máquinas y herramientas. Simultáneamente, y para poder enfrentar con éxito la necesidad de innovar, sea en procesos, productos o métodos de gestión, las empresas están buscando formas más flexibles e innovadoras de organización del trabajo y la producción. También parece haber una mayor concentración en las actividades medulares de cada empresa, descentralización de la organización administrativa, y una más amplia distribución de las responsabilidades sumada a la demanda de mayor flexibilidad y mejores habilidades de la fuerza de trabajo (Lanusse Storni, 2001).

Los nuevos paradigmas tecno-organizacionales intensivos en información, han redefinido el significado de la competencia, dando preeminencia a la comprensión de la empresa como sistema y a los procesos sistémicos para producir calidad. También han dado relevancia a los elementos no-precio de la competitividad como el empowerment, el aseguramiento de la calidad, la calidad del servicio, las actividades de diseño y la relación y vinculación con clientes y proveedores (Kosacoff y colaboradores, 2001).

Comportamiento de las Empresas Argentinas

Trabajos recientes de destacados investigadores argentinos (Yoguel y Boscherini, 2000; Yoguel y Milesi, 2001; Yoguel y Rabetino 1999; Milesi, 2000) caracterizan el comportamiento de las empresas argentinas en relación con el problema bajo estudio y el paradigma vigente:

1. Bajo nivel de éxito exportador, representado por tan sólo 800 empresas productoras con valor agregado, en un universo estimado en no menos de 25.000 PyMEs (Beristain, 2000).

2. La significativa inserción en mercados internacionales de algunas PyMEs (< 800) (Beristain, 2000) está fundamentalmente ligada al desarrollo de capacidades tecno-organizacionales mayores que el promedio de las PyMEs Argentinas. Dichas capacidades tecno-organizacionales se identifican con:

- a) Organización en células.
- b) Alto aseguramiento de calidad relativo a la organización celular de la producción.
- c) Alta importancia asignada al entrenamiento y capacitación.
- d) Cumplimiento con normas nacionales o internacionales de calidad, normas ISO 9000 o de mayor complejidad.
- e) El establecimiento de puntos de control y registros de seguimiento para mantener información estadística para el aseguramiento de la calidad de procesos.
- f) Programas continuos de capacitación, orientadas a incrementar sus capacidades técnicas, comerciales y administrativas.
- g) Equipos formales e informales de desarrollo y mejoramiento de productos y procesos, nuevas formas de organización y de relacionarse con los mercados.
- h) Trabajo en grupos de mejoramiento, que en ciertos casos se comportan como genuinos laboratorios de investigación y desarrollo.
- i) Mantenimiento de relaciones formales e informales con otras empresas locales y extranjeras, formando redes empresarias muy cercanas al Keiretsu de los japoneses. Estas relaciones están orientadas a mejorar las capacidades productivas y comerciales y se mantienen con clientes, colegas y en menor escala con proveedores.

3. Falta de empowerment generalizado, con escaso acceso de los trabajadores a la reprogramación de las máquinas automáticas, así como al diseño, mejora y desarrollo de productos y procesos.

En relación con el problema bajo estudio, puede verse claramente la conexión entre el desarrollo de ventajas competitivas dinámicas (que se traducen en exitosas administraciones de negocios), a partir de la incorporación de las estrategias que sustenta el modelo o metodología propuesto, y la contradicción de detectarse que al mismo tiempo se manifiesta un bajo nivel de empowerment, uno de los basamentos del éxito de las mismas estrategias.

4. Irregular uso de las estrategias Kaizen en PyMEs a super-grandes empresas:

- a) Sólo el 5,4% del total de las firmas investigadas saca provecho de más de cinco estrategias² de un total de diez³ seleccionadas para el análisis.
- b) Un tercio utiliza como mucho hasta cinco estrategias
- c) El 63,3% no utilizaba ninguna de las diez estrategias.
- d) Uso de sólo el 11,4% de las estrategias en el total de las empresas correspondiendo menos de un 1% a PyMEs.

5. Sólo un 45% de las empresas realiza actividades de capacitación, porcentaje que desciende a sólo el 26% en PyMEs, destinando:

- a) Solamente un 26,3% de la inversión total fue dedicada a temas de calidad
- b) 20,3% a seguridad e higiene
- c) 9% a computación
- d) 6,4% a producción, automatización o diseño
- e) 12,5% dedicado a temas de administración, gerenciamiento o planificación generales.

6. El mayor costo promedio por actividad de capacitación se dedica a economía, finanzas y administración, y duplica al de calidad o triplica al de producción, automatización o diseño.

7. En promedio se observó una certificación en alguna de las normas de calidad consideradas⁴, en una de cada 6 firmas investigadas en el plano general, con sólo una certificación cada 23,2 empresas en el segmento PyME.

Otra observación de la investigación mencionada, delata que la proporción de técnicas utilizadas entre los agentes económicos que son exportadores netos, resulta inferior al promedio, mientras que entre los que son importadores netos supera dicho promedio. Esto es, la incorporación de técnicas organizacionales modernas tiene menor relevancia en el mayor porcentaje de las firmas exportadoras, constituyendo una señal clara de las débiles estrategias con las que dichas firmas compiten en el extranjero.

8. Los resultados del análisis del uso de determinadas⁵ técnicas de administración y organización de la producción arrojan que:

- a) el 75% de los agentes no utiliza siquiera una de las cuatro técnicas
- b) el 16,8% de los agentes utiliza dos de las cuatro técnicas pero lo hace en combinaciones que no resultan óptimas⁶.
- c) 1,4% utiliza las dos técnicas de organización de la producción y eventualmente alguna otra de las restantes
- d) el 3,1% de los agentes utiliza las dos técnicas de organización del trabajo y eventualmente otra técnica de las consideradas.

e) Tan sólo el 1.9% del total utiliza las 4 técnicas en las combinaciones analizadas.

9. No se han encontrado evidencias de estudios de la aplicación de estrategias de Kaizen y/o del Pensamiento Austero en áreas de administración, comercialización, investigación y desarrollo u otras áreas no productivas de las empresas.

10. Baja inversión en Investigación y Desarrollo (en tecnologías duras) representando el 0,44% de la facturación estimada (1996) de la industria.

11. Casi nula inversión en C&T blandas, como nuevos modelos de organización administrativa e industrial.

Del análisis de la investigación de Yoguel y Rabetino utilizada para el análisis en (8) (Kosacoff, 2000), puede inferirse que, pese a la amplitud y detalle de la misma, existe una limitativa orientación a considerar sólo las “técnicas” aplicadas en las plantas de producción, omitiendo la aplicación de las filosofías y estrategias Kaizen en las áreas de administración y comercialización. Tal omisión no es más que una evidencia adicional de que la estructura de pensamiento empresarial local, considera al “nuevo” paradigma como tan sólo una “herramienta” de producción y no como una filosofía integral de administración de los negocios. Esa concepción representa una de las mayores limitaciones para la implantación de Kaizen en el tejido PyME (y no PyME) argentino. Resulta evidente que dicho enfoque no está relacionado con el tamaño de las empresas, sino con la cultura empresarial local en relación con el cambio de mentalidad y enfoque de sus estrategias de negocios.

La información resumida más arriba muestra que pocas PyMEs han incursionado en algunas de las estrategias productivas y de calidad contenidas en Kaizen y en el Pensamiento Austero, pero lo han hecho en forma parcial y carente de programas adecuados, con lo que los resultados, si bien han sido auspiciosos en relación con la confirmación del impacto positivo de las estrategias, no muestran toda la potencia que podría lograrse con una implantación total.

Esta misma información propone evidencias importantes que confirman la hipótesis de trabajo, en cuanto a que existe una ausencia casi generalizada de incorporación de las ventajas competitivas dinámicas, relativas a la inserción de los agentes económicos locales, al paradigma representado por Kaizen y el Pensamiento Austero.

Paradójicamente, son esas mismas ventajas competitivas dinámicas, que aquí han sido aparentemente ignoradas, las que, incorporadas por los agentes externos, enfrentan a las firmas locales a una competencia en su propio suelo, que las pone en muchos casos fuera de toda posibilidad de continuar en los negocios.

El Impacto de las Estrategias Nacionales

Si bien se sostiene que Kaizen y el Pensamiento Austero o Flexible no son una cuestión cultural, se comprende que es necesario un fuerte cambio mental para llevar adelante la transición, de la forma en que se entiende la administración de negocios occidental y localmente a la forma flexible en que los japoneses lo hacen, luego de la fusión de los conceptos y estrategias que aprendieron de occidente, desde principios del siglo 20, con la estructura de pensamiento japonesa y la concepción Zen del mejoramiento,

en un contexto de post-guerra que dio lugar a circunstancias excepcionales, pero cuyos efectos son posibles de reproducir racionalmente.

Pero cualquier proceso de cambio a escala de país está fuertemente ligado a las estrategias de las naciones para desarrollar una cultura, que comprenda, acepte e impulse la adopción de patrones de conducta que contribuyan al bienestar general. En ese sentido es interesante comparar cuáles han sido las estrategias en ese sentido, de Argentina, que en 1950 superaba holgadamente a Japón en potencialidad de generación de riqueza, y que se apoyaba sus ventajas competitivas estáticas, y del mismo Japón que no contaba en absoluto con ventajas competitivas estáticas, y generó patrones de conducta orientados a desarrollar ventajas competitivas dinámicas.

La educación

Como estrategia fundamental en el desarrollo de patrones de comportamiento de las personas, la educación ha definido el desarrollo de la capacidad de las naciones para orientar sus acciones a la creación de ventajas competitivas, que posteriormente se transformaran en elementos generadores de riqueza.

En Japón la educación se orientó a que el educando, futuro empleado, trabajador o dirigente, tomara conciencia de la pobreza de recursos de la nación, y de la necesidad de concentrarse en todas aquellas acciones, que permitiesen generar riqueza a partir del valor agregado, a los insumos transformados en mercancías que el mundo apreciara (Ohmae, 1989). En ello se generaron patrones de conducta orientados a la calidad requerida en todos y cada uno de los aspectos de la vida personal y empresaria, que posteriormente y sumados a otros patrones de conducta inducidos, formaran la cultura base para ventajas competitivas basadas en la dinámica.

En Argentina en cambio, la educación se mantuvo aferrada al concepto tayloriano de comando y control, y orientaba al educando a la concepción de que vivía en un país de múltiples riquezas, en las que se destacaba la extensión territorial, el agua, los minerales y los insumos de toda clase. Ello generó patrones de conducta carentes de creatividad, por un lado, y por el otro tendientes a confiar en que, sin importar cuántos esfuerzos se dilapidaran, las ventajas competitivas estáticas siempre nos sacarían a flote.

La empresa

En el enfoque japonés, por obra de circunstancias históricas que rompieron el dominio del sistema Taylorista, empresa significa organización destinada a la creación de bienestar para todas las personas, ya sean empleados, clientes, accionistas, proveedores o la comunidad misma, los que hoy se denominan grupos o accionistas de interés (stakeholders). También la organización, como descripción de la forma en que la responsabilidad fluye de la cabeza a la base, no existe o no puede encontrarse completamente descrita en un organigrama. La organización reside en las personas.

La organización occidental y local establece capas jerárquicas y líneas de mando. Las capas separan a la gente estableciendo diferencias que muchas veces ofenden la inteligencia y el orgullo de la gente (Walton, 1989; Deming, 2000). Las líneas de mando están pensadas militarmente para transmitir órdenes de tácticas y estrategias hacia abajo en la escala jerárquica y para que las respuestas tengan un mismo modo pre-determinado de ejecución en cada "orden" que se recibe. En el mundo militar, la creatividad puede originar pérdida

de vidas, pero en el mundo empresario, la falta de creatividad seguramente originará pérdida de empresas. En el sistema japonés reina el espíritu de comunidad, espíritu que hace que las responsabilidades sean entendidas por las personas, como parte de un sistema de responsabilidades más amplio. También sienten que por el sistema de empleo vitalicio de las grandes empresas, su vida está fuertemente atada a la de la empresa y la de sus colegas, y la lucha por el poder, frecuente en occidente, queda inhibida por la misma cultura organizativa (Ohmae, 1989).

Simplificando al máximo, la diferencia entre la organización occidental que domina en Argentina y la organización japonesa puede definirse como la misma que existe entre un batallón militar de zapadores y un verdadero equipo de básquet si ambos jugaran un partido de fútbol: cuando el equipo intente una jugada por la izquierda coordinando entre ellos las acciones para que la pelota llegue al arco contrario, el batallón mirará hacia el banco de su líder, esperando que éste les indique qué hacer; el entrenador de los basquetbolistas nada tendrá que hacer mientras sus jugadores actúan porque, aunque estén jugando a un deporte distinto, él les ha enseñado a trabajar entre ellos como equipo y no sólo a recibir órdenes.

Impulso a la producción

En actividades con gran valor agregado, como puede ser el tratamiento de minerales, Japón supo encontrar también las estrategias para generar los patrones de conducta adecuados. Por ejemplo, al incentivar la producción de acero (con muy poco nivel de subsidio) en una sola firma, la que aceptó el desafío de una rápida estrategia de crecimiento, provocó una catarata de inversiones de “yo también” (no por el rédito de los subsidios, que no existía, sino por el orgullo de mostrar la habilidad para cubrir el desafío de fabricar acero al más bajo costo), lo que los llevó con el correr del tiempo, a proveer el 50% del tonelaje mundial de barcos construidos y el 30% de todos los vehículos producidos en el mundo durante 1980, más buena parte de otras industrias que utilizaban acero (Ohmae, 1989). En 1998 Japón, sin capacidad propia de acciones mineras, alcanzó una producción de 98 millones de toneladas de acero, equivalentes al 12,1% de la producción mundial⁶.

Argentina, mientras tanto, con una riqueza mineral inigualable y una política totalmente opuesta a la desarrollada en Japón, se basaba en el dominio casi monopólico gubernamental, sobre lo que se consideraban “producciones estratégicas”, convirtiéndose el gobierno ya no en el director del equipo sino en el dueño de la pelota. Empresas estatales como SOMISA y Altos Hornos Zapla, dominaban el mercado de la producción de acero, mientras la Dirección General de Fabricaciones Militares era afectada como organismo de ejecución de las políticas regulatorias del sector siderúrgico. Bajo regulación gubernamental, sólo en SOMISA se mantenían poco más de 12.700 empleados que pudieron reducirse a apenas 6.000, luego de la reestructuración para su venta, cuando también se desafectó a la DGFM de la regulación del sector. Pese a los avances del sector siderúrgico privatizado, no haber pasado por una guerra de escala mundial y después de casi 60 años de desarrollo e importantes inversiones privadas (aproximadamente 500 millones de US\$ desde la privatización) se producían en 1998 solamente 4,21 millones de toneladas de acero, equivalentes a 0.5% de la producción mundial⁶.

Otras áreas de la tecnología dura, como la electrónica y la microelectrónica, o de la tecnología blanda, como la administración o la organización de la producción, fueron también cuidadosamente orientadas a patrones de conducta adecuados, con similares resultados.

Manejo de recursos estratégicos

Si bien los gobiernos japoneses establecieron una férrea limitación al ingreso de capitales extranjeros a las industrias estratégicas de su país, las empresas allí tuvieron la posibilidad de realizar contratos de licencias, que les permitieron utilizar la tecnología occidental, mientras ellas se dedicaban a investigar, desarrollar y mejorar la "tecnología de producción", para que, siguiendo las recomendaciones de Deming¹⁰, mejorara la calidad y consecuentemente la productividad de sus empresas, con lo que finalmente alcanzaron y superaron a quienes les habían provisto inicialmente de la tecnología, pasando a liderar el mundo de los negocios. En el mismo proceso, generaron los ingresos suficientes como para pagar por la tecnología que habían alquilado y sostener los importantes aumentos en el nivel de producción, que sus propias mejoras tecnológicas en producción y administración habían generado (Ohmae, 1989).

El marketing en tierras extrañas era una de las principales debilidades de la industria japonesa, y compañías como Ricoh, Panasonic, Sony o Pentax, carecían al principio de la capacidad de marketing, que les permitiera proyectar sus productos en mercados extranjeros, por lo que comenzaron la introducción de ellos a través de empresas comerciales (traders), que desarrollaran el marketing adecuado para su afirmación en el mercado que les era conocido. Poco a poco, y a medida que el mundo notaba la calidad de las cámaras fotográficas, fotocopiadoras, teléfonos, equipos de sonido y facsímiles japoneses, dichas compañías fueron adelantando al resto de los competidores, hasta posicionarse como los líderes en cada uno de sus mercados.

Restricciones Exógenas y Endógenas en PyMEs

Otras investigaciones (Kosacoff y López, 2000; Angelelli, 1999), indican ciertas restricciones a la operatoria PyME, entre otras:

1. Las PyMEs encuentran mayores obstáculos que las firmas mayores en aquellas variables en que el tamaño de las empresas influye radicalmente:
 - a) Dificultades para obtener y procesar adecuadamente la información necesaria para redefinir sus objetivos y estrategias.
 - b) Mayores exposiciones a las fallas del mercado en el área financiera, tecnológica, etc.
 - c) Restricciones para el acceso a los recursos humanos calificados.
 - d) Un sendero previo de desarrollo, caracterizado por esquemas de gestión y organización interna que dificultan su adaptación al nuevo ambiente competitivo.

Se identificaron también dos tipos de restricciones bajo consideración de las firmas:

1. Aquéllas que afectaban a todas las empresas con relativa independencia de sus características particulares, y que con el mayor grado de consenso se identificaban como relativas a:

a) Financiamiento:

- Limitaciones de los bancos al efectuar una evaluación del riesgo PyME, centrándose casi exclusivamente en las garantías ofrecidas en lugar de en el contenido del proyecto y sus posibilidades.
- Condicionamiento de la financiación a la disponibilidad de recursos propios, independientemente de la buena gestión financiera.

b) Inseguridad jurídica:

- Afecta el clima en el que se desarrollan los negocios y condiciona los mismos
- Altos costos y plazos de las soluciones vía justicia; ineficiencia de los servicios de justicia.

c) Servicios públicos privatizados:

- Altos costos de los servicios prestados.
- Mejora en la calidad pero con dificultades en la solución de los problemas cuando éstos aparecen.

d) Apertura de la economía:

- Falta de regulación que asegure la competencia.
- Ausencia de controles a las importaciones.
- Escasos beneficios asociados a la mejora de la competitividad.

Estos puntos representan la visión PyME, mientras que las instituciones se mantienen en desacuerdo con la importancia real (prioridad) de los puntos (b) y (c).

2. Aquéllas que lograban menor grado de consenso en cuando a gravedad o prioridad, y relativas al marco regulatorio y el desarrollo de competencias:

e) Regulaciones impositivas:

- Si bien es considerada de importancia, no logra consenso mayoritario por la solución que algunas empresas del segmento ven, en la sub-valoración del giro real del negocio en las declaraciones.

f) Regulaciones laborales:

- La reducción en las contribuciones patronales permitiría aumentar la demanda de mano de obra.
- Tensión entre la demanda de flexibilización y la priorización de competencias laborales en la búsqueda de recursos humanos.

g) Trabas para exportar e importar:

- Trabas endógenas y exógenas para la inserción en el mercado externo:

1. Escala.
 2. Competitividad en precios.
 3. Calidad.
 4. Financiamiento.
 5. Información.
 6. Falta de apoyo público.
 7. Trámites y regulaciones aduaneras.
 8. Devolución de impuestos.
- Se requeriría un abordaje integral para el fortalecimiento del perfil exportador.

h) Políticas de apoyo:

- Escasa utilización por parte de las firmas.
- Acceso muy limitado para las empresas menores.
- Falta de difusión.
- Reducida participación del sector privado en el diseño de las mismas.

i) Capacitación y consultoría:

- Precios elevados.
- Programas inadecuados para los requerimientos de las firmas. Falta de coordinación entre necesidades de la demanda con las características de la oferta
- Centrada en los niveles gerenciales, con poca transferencia a los niveles por debajo de ellos.

En la consideración de las instituciones la prioridad está en el punto (e) y (f).

De las mismas investigaciones se infirieron dos restricciones adicionales:

1. Aislamiento de las PyMEs:

- a) Falta de vínculos importantes con un número significativo de agentes económicos.

b) Relación fundamentalmente con Cámaras empresariales, Bancos y Municipalidades.

2. Respuestas institucionales:

a) Gran desajuste entre la identificación de problemas prioritarios por parte de las instituciones gremiales empresariales y los centros de apoyo, y las acciones directas o indirectas que emprenden para superarlos.

Nótese que el punto (d) hace referencia a regulaciones a la competitividad y escasos beneficios asociados a la mejora de la competitividad, conceptos que marcan la tremenda confusión existente acerca de cómo competir en el mundo globalizado y confirma nuevamente la hipótesis relativa a la falta de conocimiento local, sobre las ventajas competitivas asociadas a Kaizen y al Pensamiento Austero.

La investigación reveló también una fuerte relación entre problemas endógenos y restricciones exógenas. Esto se traduce como que ni las restricciones exógenas son totalmente independientes de las capacidades de las firmas, ni el desarrollo de éstas está totalmente desvinculado de las primeras, existiendo una interacción entre ambas. Dicho de otro modo, las restricciones exógenas conforman un marco que puede facilitar u obstaculizar el desarrollo de capacidades en las firmas, mientras que la posesión o no de las capacidades, incide fuertemente en la posibilidad que estas tienen para amortiguar efectos negativos o sacar provecho de las oportunidades.

En lo atinente a las capacidades endógenas de las firmas y en relación con el presente trabajo, debe señalarse que entre las conclusiones finales sobre las acciones requeridas a nivel micro, atinentes a mejorar la situación PyME respecto de las restricciones endógenas se sugiere:

1. Sensibilización de las PyMEs para actuar en conjunto (Keiretsu del Japón)

2. Aumento del grado de conciencia de las PyMEs sobre sus necesidades en:

- a) Tecnología
- b) Capacitación y consultoría
- c) Comercio exterior

3. Diseño de instrumentos de apoyo que operen en forma personalizada sobre los espacios de interacción entre firmas, y entre firmas e instituciones.

Considérese que el punto (a) se refiere genéricamente a tecnologías duras y blandas, entre las que se consideran incluidas las estrategias materia del presente trabajo. Nótese también que las firmas no ven su falta de capacidades y conocimientos en el nuevo paradigma como una limitación para mejorar su competitividad local e internacional, a la vez que no ven las ventajas de mejorar la competitividad (ver punto d más arriba).

Conclusiones primarias

1. El paradigma de Kaizen-Producción Austera generó una ola de profundo cambio en el modo que las empresas se organizan para competir dentro de la globalización.
2. El paradigma rompe viejas filosofías, tales como procesos por grandes lotes, organización departamental, división del trabajo, división de roles en la empresa, etc.

3. El nuevo paradigma propone el análisis de la organización de los procesos, la producción sin stocks almacenados, la reducción de costo laboral, la producción de un producto a la vez, la organización del trabajo en células, el respeto al ser humano, el empowerment generalizado y la cooperación entre empresas.
4. Propone también la inversión reflexiva en el desarrollo humano, antes que en la innovación tecnológica innecesaria, o exagerada, con relación a los objetivos.
5. El sector PyMEs en nuestro país ha recibido el mayor impacto de esta ola de cambio, existiendo restricciones endógenas y exógenas que dificultan sus posibilidades de adaptación al mismo.
6. Distintos estudios indican que existe un ínfimo número de empresas que han incursionado en el nuevo paradigma tecno-organizacional y que al mismo tiempo la implantación ha sido altamente parcial.
7. También desnudan que en opinión de la PyMEs, no es conveniente que no exista una regulación de la competitividad y tampoco encuentran beneficios relevantes en mejorarla.
8. Definidas las exportaciones como el objetivo básico de supervivencia y evolución, tanto de las empresas como de los países, y midiendo el éxito de las empresas por su capacidad de alcanzar parámetros de exportación mayores que el promedio de la industria, se concluye en que el nivel del éxito PyME local es muy bajo.
9. Entre las pocas empresas que han alcanzado un nivel considerado como de éxito, se destaca como elemento primordial el desarrollo de capacidades tecno-organizacionales mayores que el promedio de las PyMEs Argentinas.
10. Dichas capacidades tecno-organizacionales consideradas en forma extensa, pueden ser sintetizadas en Kaizen y el Pensamiento Austero, y son conducentes a la adquisición del conjunto de ventajas competitivas dinámicas, que pueden determinar el éxito de las PyMEs argentinas, en su confrontación dentro del escenario internacional.

Resumiendo:

- Existe un problema que requiere urgente solución y es la falta de competitividad internacional de la PyMEs argentinas que les permita insertarse como proveedores confiables de bienes y servicios en el ámbito mundial.
- Dicho problema es consecuencia de un bajo desarrollo de las competitividades dinámicas que permiten confrontar con éxito, dentro del paradigma tecno-organizacional vigente en el contexto mundial.
- Esto último es a su vez una consecuencia del desconocimiento de la cultura y el comportamiento local en relación con las claves del paradigma y las competencias requeridas para competir internacionalmente.
- La solución adecuada es entonces proveer un modelo de desarrollo de competencias que contemple dicha cultura y comportamiento, la experiencia internacional previa en relación con el desarrollo del paradigma y los aportes teóricos y conceptuales de los sucesivos agentes de cambio que generaron el mismo.
- El estudio de casos nacionales muestra una mínima inserción de las empresas en las estrategias cuyo impacto sufren, representada por inserciones muy parciales en grandes empresas o desarrollos individuales de algunos pocos empresarios PyME.
- El estudio de casos internacionales muestra un resultado totalmente opuesto: alta difusión de las estrategias en PyMEs a súper-grandes empresas, con resultados altamente satisfactorios en relación con el desarrollo, el crecimiento y la captación de mercado, luego de la introducción de Kaizen y el Pensamiento Austero.
- Se destaca el caso de una empresa inglesa que, siendo parte de un complejo estatal, sin posibilidades de recuperación de su profunda crisis y estando sumergida en un medio altamente restrictivo en relación con el poder sindical, logró, a través de su inserción en el paradigma, convertirse en la empresa número 1 de Europa en su medio y al mismo tiempo expandió sus áreas de negocios, a través de las economías inducidas por la adopción de las estrategias propuestas por este trabajo.

La Solución Propuesta

La solución que se propone no implica simplemente la adopción de las estrategias que conforman el paradigma como receta mágica que resuelva los problemas, sino una solución dinámica a través de conjunto de acciones consideradas en un contexto Kaizen, Austero y Flexible, cuyo soporte fundamental es un liderazgo competente y fuertemente distribuido entre las personas.

Se basa en un modelo que promueve el fluir del valor desde un conjunto de inductores de resultados hacia un conjunto de destinatarios o receptores del valor, manteniendo una cultura con valores que promueven el desarrollo que busca la perfección, a través de métodos probados que se orientan al resultado exitoso, contando con la información como elemento sustentador del mejoramiento continuo de todo el esquema.

La solución propuesta es un sistema armónico de elementos relacionados que requieren un fuerte cambio de actitud respecto de la administración de los negocios, sin que ello signifique mayores costos sino importantes ahorros.

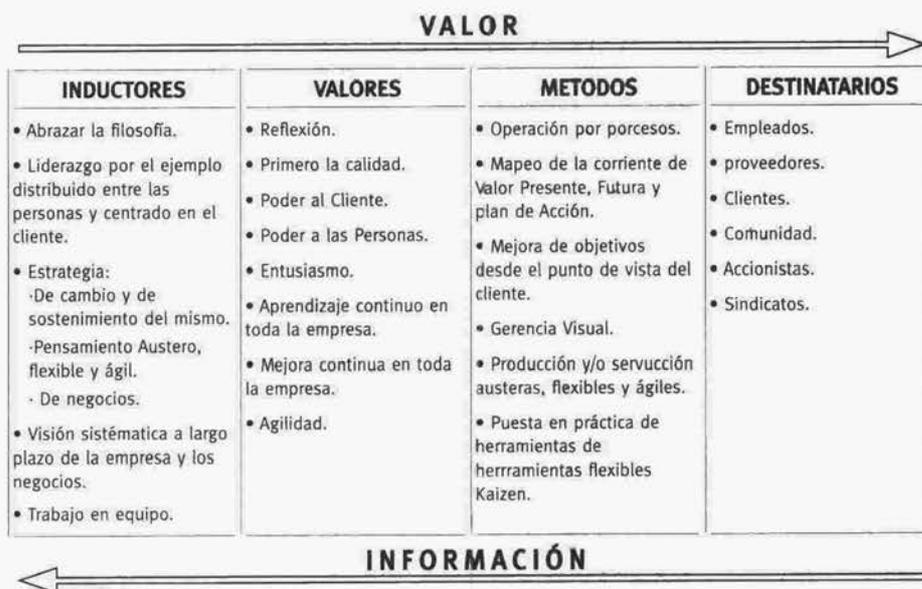


Figura 1. Modelo de pensamiento austero y kaizen, implantación en la administración de negocios en PYMES

El Modelo

Conceptos y flujos

El modelo que se propone contempla cuatro grupos de conceptos. Estos conceptos han sido derivados de las investigaciones y los análisis realizados y están presentes de distintos modos:

1. Inductores: elementos impulsores del éxito en el cambio cultural empresarial y personal.
2. Valores: definiciones que establecen la cultura y conducta de la empresa y reafirman el proceso de cambio hacia algo mejor.
3. Métodos: metodología y herramientas que definen los procesos de la empresa bajo la filosofía del Pensamiento Austero y Kaizen.
4. Destinatarios: hacia quienes fluye el valor generado en la empresa.

y dos flujos:

1. Flujo de valor: el resultado de la operación adecuada que se desplaza aguas abajo, de proceso en proceso (internos y externos) y fluye a través de empresas proveedores, productores, distribuidores y clientes, hasta llegar al cliente final.
2. Información: el flujo que desplazándose en sentido contrario informa cómo satisfacer las necesidades de los clientes aguas abajo a lo largo de toda la corriente de valor.

La representación en el modelo muestra:

1. Un conjunto de Inductores del éxito en un proceso de cambio hacia Kaizen y un Pensamiento Austero en la empresa. Estos inductores deben estar presentes para sostener el proceso y lograr que su desarrollo se proyecte con firmeza hacia el futuro, cuando también deben estar presentes.
2. El conjunto de Valores que deben definir la cultura de la empresa, dentro de la cual resulte posible un proceso de cambio como el que se sugiere y una operación futura consecuente con lo que se pretende lograr.
3. Un conjunto de Métodos que constituyen la técnica y metodología de administración y producción según Kaizen y el Pensamiento Austero. Trabajan dentro de la cultura enunciada para lograr los beneficios buscados en cuanto a proveer valor para el cliente, produciendo calidad, con los menores costos posibles y una productividad sintonizada con ambos.
4. El conjunto de destinatarios hacia quienes debe fluir el valor, constituido por las personas que están (o deberían estar) interesadas en que la empresa crezca y se desarrolle local e internacionalmente, porque esperan obtener beneficios de distinta naturaleza de ello.
5. El valor resultante de la operación armoniosa de los cinco apartados precedentes, que corre desde los inductores a través de los valores y métodos hasta llegar a los destinatarios, que da sentido a la existencia de la empresa y que a la vez suministra la energía que la impulsa.
6. La información que moviéndose en sentido contrario al flujo de valor, posibilita la evaluación permanente e individualizada de la evolución del programa de cambio y de la operación definitiva.

Inductores

Abrazar la filosofía

El dueño-líder-principal directivo debe desarrollar un conocimiento amplio de lo que las filosofías insertas en Kaizen y en el Pensamiento Austero proveen y lo que no, y convencerse y convencer a las personas, acerca de que ellas exponen el camino a seguir y los valores a respetar, para reconvertir la cultura de la empresa y lograr mayor bienestar para todas las personas que la integran.

Cuanto más arriba se encuentre el agente del cambio en la escala jerárquica de la "antigua" cultura de la empresa, más posibilidades existirán de afirmar el proceso de cambio y lograr los objetivos de valor establecidos, en los plazos planeados. Cuanto más abajo en la escala personal y humana de la "nueva cultura" de la empresa, se encuentre el "antiguo" liderazgo jerárquico de la compañía, mayores probabilidades existirían de un cambio y beneficios en el más corto plazo.

Liderazgo distribuido entre las personas y centrado en el cliente

El liderazgo Kaizen del dueño-líder-principal directivo se irradia hacia las personas quienes deben ver en él la guía para cambiar su comportamiento y focalizarse en el cliente, entendiendo por cliente a la

persona o grupo de personas que ocupan el proceso siguiente aguas abajo en la corriente de valor, hasta llegar al cliente final. El resultado debe ser que las personas se hagan absolutamente responsables de administrarse y administrar los procesos, para que al cliente llegue el valor que él requiere, en la cantidad y momentos que él lo solicite.

Estrategia

Elaborar planes estratégicos detallados sobre cómo, cuando y de qué modo deberá desarrollarse el proceso de cambio y cómo será sostenido cuando circunstancialmente caiga la motivación por razones internas o externas a la empresa. Al abrazar la filosofía queda implícito que, para desarrollar la estrategia, estará presente un pensamiento austero (hacer más con menos), flexible (adaptarse al cambio del sistema-empresa) y ágil (previsión de reconfiguración rápida del sistema para adaptarse al cambio futuro). Visión sistémica a largo plazo de la empresa y los negocios.

Mantener el control y la información sobre el estado y desplazamiento de las relaciones en el sistema-empresa dará lugar a decisiones más acertadas y permitirá mejorar y corregir las estrategias de cambio y de negocios para profundizar la transformación, persistir en los negocios y aumentar los beneficios para todos los grupos de interés.

Trabajo en equipo

El trabajo en equipo desarrolla un círculo virtuoso que impulsa la toma de responsabilidad personal y grupal, sobre la base de los valores que rigen el modelo, desarrollando en profundidad los liderazgos de todas las personas. Sólo es posible si todas las personas de toda la empresa, sienten que no existe la más mínima barrera entre las gerencias y el resto de las personas, esto es, que todos trabajan en equipo.

Valores

• **Reflexión.** La reflexión serena y prolongada permitió a René Descartes describir el funcionamiento del cuerpo humano casi con exactitud, cuando no existían los elementos para apreciarlo empíricamente. En el contexto de los negocios, permitió que Sakiichi Toyoda, sin estudios de ingeniería o diseño, sin más información y conocimientos que ver a su abuela tejer, elaborara el telar automático que proveyó los fondos para lo que es hoy la fábrica Toyota.

• **Primero la calidad.** No se requieren mayores explicaciones para este concepto.

• **Poder al Cliente.** Uno de los pilares de las filosofías (Kaizen y Pensamiento Austero): dar poder al cliente para que “tire” o extraiga de la empresa sólo el valor que necesita en términos de calidad, cantidad, oportunidad y precio.

• **Poder a las Personas.** El otro pilar que completa el basamento: sólo a través del desarrollo de la responsabilidad individual de las personas sobre sus acciones, las acciones del equipo y las acciones de la compañía, es que se logra el flujo de valor que desean obtener los clientes.

Aprendizaje continuo en toda la empresa

Parafraseando a John Neil, CEO de la exitosa Unipart: “Aprender permanentemente forma parte de la

filosofía de mejoramiento continuo...como empleados no podemos detenernos en la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades.” No existe motivo o razón alguna para que esa búsqueda constante de la perfección se detenga y nos permita “descansar sobre los laureles de las batallas ganadas”. Aprender es inevitable.

Un cartel sobre la entrada del área comercial de la antigua Chrysler Fevre Argentina S.A.¹¹ enseñaba: “Vender es como afeitarse. Hay que hacerlo todos los días”. Hoy debería cambiar la palabra vender por aprender.

- **Mejora continua en toda la empresa.** Huelgan las explicaciones, pero si fuesen necesarias habría que reiterar que es la base del éxito de los japoneses (Imai, 1996 y 1998) y de muchas empresa occidentales (Womack y Jones, 1994 y 1996).

- **Agilidad.** La única certeza acerca del futuro es que será diferente. Ante la incertidumbre de saber qué nos depara, desarrollar una empresa que vaya más allá de la flexibilidad y pueda reconfigurarse rápidamente, para responder a las exigencias de un mercado desconocido y cambiante, constituirá una ventaja futura de la cultura empresaria actual que desarrollemos.

Métodos

Operación por procesos

Sistema operativo elemental que conforma una serie finita de conjuntos proveedor (proceso anterior)-cliente (proceso posterior), ubicados física o lógicamente unos a continuación de otros en la secuencia del flujo de valor, en los que sólo se produce calidad. Esto significa que cualquier proceso u operación de un proceso que no responda a los estándares pre-establecidos, detiene la corriente hasta que los equipos “propietarios” del proceso corrijan el desvío a través de “herramientas de la caja Kaizen”.

La técnica que asegura la producción de calidad en el proceso se denomina No lo reciba (si no cumple el estándar), no lo haga (no elabore productos defectuosos), no lo envíe (no traslade la no calidad al siguiente proceso).

La detención puede producirse por acción directa del responsable del proceso que detecta un desvío respecto de los estándares o en forma automática a través de otra herramienta Kaizen denominada Jidhoka (autonomación). Otra característica de la producción por procesos es que la misma está limitada a sólo las piezas que requiere el proceso aguas abajo a través de la información que transmite aguas arriba. El sistema operativo tiende a que el flujo, a través de los procesos, corresponda a una sola pieza a la vez, lo cual evita el muda de almacenamiento o inventarios.

Mapeo de la corriente de valor

Es una secuencia teóricamente infinita de procesos de relevamiento de la corriente de valor para obtener el mapa actual, la definición de una mejora graficada a través del mapa futuro y la elaboración de un plan de acción que explique como llegar de un mapa al otro. No debe ocupar más de tres hojas (xxx).

El resultado es la eliminación sistemática y sistémica del muda existente con el consecuente mejoramiento en el flujo de valor.

Mejora de objetivos desde el punto de vista del cliente

Concepción estratégica del Pensamiento Austero, válida para cualquier meta u objetivo, que sostiene que los objetivos del planeamiento estratégico son susceptibles de ser mejorados ya que, por estar definidos en el futuro, se ven afectados por la incertidumbre inicial, el efecto del factor tiempo y el cambio en las relaciones sistémicas.

El criterio de mejora implica buscar el mayor beneficio para cada cliente en la corriente de valor.

Gerencia Visual

Si bien es otra de las herramientas Kaizen, se destaca por su relevancia en relación con el cambio cultural buscado. La gerencia visual distribuye la responsabilidad por el control entre todas las personas, agiliza la producción y facilita la colaboración de las personas interesadas en mejorar, a través de acciones o sugerencias relativas a la información exhibida.

Consiste en la exhibición a través de distintos elementos, de la información relevante respecto a la corriente de valor de todos los procesos que integran la empresa, de modo de permitir su observación y análisis por todas las personas de la empresa.

Producción y/o servucción austeras, flexibles y ágiles

Mantiene los conceptos centrales del trabajo en relación que el objetivo del cambio es alcanzar una producción que haga más calidad, beneficios o rentabilidad, con menos recursos, desperdicios o capital; y que se adapte ágilmente a las variaciones en la demanda, a los deseos de los clientes, a los cambios del mercado, la tecnología, a la inventiva, al desarrollo y la investigación.

Puesta en práctica de herramientas flexibles Kaizen

Los paradigmas que evolucionaban como olas que se sucedían, una detrás de otras, a través del tiempo, hoy ascienden y caen en períodos menores pero en mayor número y más “especializadamente” y cada ola actual constituye una nueva oportunidad para el nacimiento de otras olas de mejora o cambio.

Pero lo cierto es que por ese “efecto ola” que describiera Peter Senge, el paradigma iniciado en los 50 sigue todavía “barriendo” el mundo y miles de empresas y empresarios en el mundo todavía ignoran sus más elementales conceptos. Las investigaciones citadas en la primera parte de este capítulo muestran que el grado de avance de la ola del Toyotismo sobre Argentina, es decir, del aprovechamiento de las ventajas del paradigma en sus pequeñas y medianas empresas nativas, es masivamente pobre.

También se ha aprendido de la presente investigación que la forma de utilización de la amplia gama de herramientas que posee la caja de herramientas Kaizen depende de factores como la industria y el contexto estratégico en que la empresa se desenvuelve, las necesidades particulares de los stakeholders, el tamaño de las empresas el momento histórico y otros. De todos modos la estructura completa del Pensamiento Austero se encuentra presente en todos los casos, existiendo una adaptación ligada a la naturaleza del trabajo en el Gemba. Por ejemplo, la producción de servicios o el trabajo en un departamento contable requieren un tratamiento evidentemente distinto a una fundición de hierro o un taller mecánico.

Las “Lecciones de un Punto”, por ejemplo, no se encuentran en el sistema original sino dentro de una de sus estrategias denominada Mantenimiento Productivo Total. Consiste en una sola hoja con un gráfico y menos de 20 palabras, que aporta información sobre una característica o cuidado particular relativo a un equipo productivo y tiene por objetivos: elevar conocimientos y habilidades en un corto período, tener los conocimientos a mano para ser utilizados cuando se los necesite, estimular el trabajo en grupo y aumentar el compromiso del operario con el equipo. Pese a haber sido pensada en función de mantenimiento de maquinaria, representa un concepto sumamente útil para evitar problemas en una computadora del sector administrativo o en un armario donde se guardan distintos formularios que pueden ser confundidos por un empleado nuevo.

El Kanban es utilizado en MacDonaldis para transmitir información en su cadena de valor para “producir” servicios de comidas o puede ser utilizado como elemento disparador de la compra de formularios cuando estos llegan al punto de recompra. El límite es nuestro ingenio para adaptar las ventajas del sistema a cualquier tipo de trabajo y en cualquier corriente de valor.

Destinatarios

Los objetivos del modelo se centran en lograr el bienestar y la satisfacción de los stakeholders, accionistas reales o virtuales de las empresas, ya que mantienen “inversiones” de distinta naturaleza en las compañías y mantienen un “interés” en que las mismas evoluciones favorablemente, aumentando el valor que les entregan. Luego su denominación de grupos de interés es apropiada en español, y mantienen calidad de destinatarios del valor del sistema-empresa.

- **Empleados.** Ocupan el primer lugar, pues son el principal elemento de la “bomba” de valor hacia el cliente, aun cuando están aguas abajo de los proveedores externos reales. Los empleados son quienes mantienen la responsabilidad de liderar los procesos de generación de valor y son a su vez receptores del valor que surge del liderazgo del dueño, gerente general o principal directivo como stakeholders, de los proveedores externos dentro de la corriente de valor de las líneas de productos y de ellos mismos dentro de la secuencia de procesos proveedor-cliente que conforman la corriente de valor. El principal valor que reciben es el liderazgo por el ejemplo, que les transmite los valores de compromiso con los clientes, el aporte de valor a la corriente y la eliminación sistemática de muda.

- **Proveedores.** Los proveedores externos constituyen otras “bombas” de valor en la corriente y reciben valor de las relaciones con las empresas clientes, que les entregan la información en tiempo y forma adecuadas, para que ellos devuelvan su mayor capacidad de valor y obtengan los mejores beneficios posibles de la corriente relacionado a su aporte a la misma. Constituyen también una sucesión finita de combinaciones proveedor-cliente en su relación con sus proveedores, las empresas, otros proveedores y otras personas. Su posición en el modelo se sustenta por las razones similares a las que justifican la posición de los empleados.

- **Clientes.** Son la razón para la existencia de toda empresa, y generarlos y conservarlos representa la estrategia elemental para perdurar en los negocios.

- **Comunidad.** La comunidad es la receptora de valor en forma indirecta, a través nuevos puestos de trabajo en empresas que crecen, o la generación de nuevas empresas ligadas a las anteriores; y en forma

directa a través de acciones empresarias orientadas a la comunidad, aumento de exportaciones, ahorro en importaciones, nuevos desarrollos y mejoras, invenciones, aumento del bienestar general, pago de impuestos, etc.

- **Accionistas.** Personas que obtienen de sus inversiones en la empresa valor bajo distintas formas, ya sean directas o en forma de retornos sobre su inversión, o indirectas como participantes de la comunidad o como clientes directos o indirectos de la misma empresa.

- **Sindicatos.** Los sindicatos están formados por las personas y pertenecen a la comunidad. Dejando de lado toda consideración política, deben ser receptores del valor que les corresponde por su participación en la corriente, y podrá tener formas como capacitación e información para establecer méritos sobre los cuales se pueda negociar en el presente y futuro, pensando en las personas y la comunidad. Existen algunas experiencias locales limitadas, de la década del 90 y dentro de la industria automotriz, con resultados razonablemente buenos (e.g: FIAT Auto, Toyota y GM).

Valor

El valor fluye aguas abajo por efecto de los inductores y sustentado por la cultura que se apoya en los valores, por medio de las personas y los métodos utilizados, para llegar a las mismas u otras personas, objeto de la existencia de la empresa e interesadas en su desarrollo exitoso.

Información

Elemento básico, que habilita la generación del valor adecuado desplazándose a través de las relaciones en sentido aguas arriba de la corriente. Determina simultáneamente la posibilidad de que exista valor, que el mismo pueda ser mejorado, la eliminación del muda y que la empresa pueda operar en forma austera, flexible y ágil.

Como parte de este flujo de información, debe establecerse un conjunto de indicadores que deben permitir controlar cualquier proceso al propietario del mismo así como informar a el/los proceso/s precedentes y a la administración central, tanto en lo intrínseco como en lo extrínseco. En el marco del despliegue de la política deben establecerse el conjunto de los indicadores deseados y reales para variables como:

1. Productividad del proceso
2. Tasa de servicio al cliente
3. Rotación de stocks
4. Número de fallas de calidad producidas
5. Cumplimiento de estándares

Este conjunto de indicadores y otros relativos al mantenimiento como fallas de equipos, suministros o insumos, debe ser consistente con todos los existentes a lo largo de la corriente de valor, así como con los indicadores definidos en un eventual Cuadro de Mando Integral (Kaplan y Norton, 1997), correspondiente al plan estratégico de la compañía.

Programa de cambio

La propuesta se ha desarrollado sobre la base de distintas bibliografías (Barnes, 1997; Imai, 1996; Wellington, 1997; Womack y Jones, 1996), la experiencia personal del autor y los estudios de casos.

Consideraciones Iniciales

Esta propuesta está orientada a empresas pequeñas y medianas en las que, como se ha visto en la primera parte del trabajo, el dueño o principal directivo tiene una dominancia sobre las acciones y resultados del negocio. Cuando se habla de principal directivo, se hace referencia a aquellas empresas en las que si bien hay un "dueño real", éste se comporta en la práctica como un "líder virtual" y la conducción de la compañía descansa en allegados o familiares, o en otros casos en gerentes de carrera, que cumplen las funciones de "dueños virtuales".

Por lo anterior, y a los fines de la simplificación, el trabajo hará referencia al "principal directivo" de la PyME, indistintamente de cómo puedan estar compuesta cada una en particular, manteniendo en mente que a medida que las empresas tradicionales crecen en tamaño, también crecen en burocracia y estructura jerárquica.

Por esa misma dominancia, se entiende como premisa fundamental que el principal directivo tenga un profundo involucramiento con el proceso de cambio, un alto compromiso con su éxito y manifieste desde un principio una férrea voluntad de liderar por el ejemplo y de servir de ancla para el mismo. Éste debe mostrar:

1. Compromiso con el negocio a largo plazo y base proveedora de estabilidad y continuidad. Debe comprender profundamente el proceso de cambio que está liderando y además debe desearlo; con poder suficiente para sostener el cambio de él hacia arriba en la línea de decisiones y con la habilidad de provocar el cambio de él hacia abajo, mientras se ponen en práctica las pruebas ácidas que siempre se presentan ante un cambio.
2. Profundos conocimientos de Kaizen y el Pensamiento Austero, su filosofía, técnicas y estrategias.
3. Dominio de la industria o especialidad a la que pertenezca la firma y con poder, fortaleza y convicción para destruir las barreras organizacionales que aparezcan, sirviendo de ancla para impedir el retroceso del proceso de cambio.

En relación con el último punto es valedero considerar que no debe ser una limitante para la definición del líder, en la medida que existan colaboradores que tengan ese dominio y estén a la vez profundamente consustanciados con el programa de transformación que se estará llevando a cabo.

Dada la falta local de conocimientos y experiencia profunda en el Pensamiento Austero y la restricción que significan para la PyME los altos costos y agregando la falta de dominio absoluto sobre el tema de la consultoría en general, todos ellos puestos en evidencia en la primera parte de este capítulo, y además por las características de la cultura laboral local, se entiende como el principal camino a seguir que sea el principal directivo de la PyME quien asuma el papel de sensei, al menos en las partes fundamentales de la filosofía. El resto podrá ser compensado con el trabajo en equipo, con el grupo inicial de personas que lideren el cambio general, con el que podrá compartir y al que deberá inculcar la voluntad y responsabilidad por el aprendizaje y entusiasmo con las filosofías y el cambio.

El comienzo del programa debe estar también precedido de una profunda reflexión del principal directivo sobre las cualidades mencionadas y sobre las respuestas a preguntas como:

- ¿He analizado la documentación y la información y comprendido las oportunidades que brinda la filosofía y las amenazas de mantener el statu quo existente hoy?

- ¿Comprendo todos los esfuerzos que este proceso requiere?
- ¿Qué fines persigo con este cambio? ¿Coinciden con lo que puede observarse en otras empresas del mundo que avanzaron profundamente en el proceso de cambio que la filosofía implica?
- ¿Estoy dispuesto a destinar muchas horas, durante bastante tiempo, a estudiar, reflexionar y trabajar sobre el proceso de cambio, hasta lograrlo?
- ¿Estoy dispuesto a liderar las batallas contra el muda por la satisfacción y beneficios de los stakeholders?
- ¿Estoy dispuesto a subrogar todos mis privilegios de “comandante en jefe” actuales a las personas, y remunerarme y motivarme por el valor que yo mismo aporte a la corriente y al proceso de cambio cultural?
- ¿Estoy dispuesto a compartir los beneficios que resulten de este proceso de cambio, con las personas que me ayuden en el desafío que intento emprender.

Si las respuestas del principal directivo a las preguntas anteriores inclinan la balanza totalmente hacia Kaizen y el Pensamiento Austero, entonces se habrá cumplido con una primera etapa necesaria: encontrar un Agente del Cambio y ese es el principal directivo. Si además está profundamente comprometido con el negocio en el largo plazo, y dispuesto a no dar más de un paso atrás por cada dos que dé hacia delante, habrá encontrado al líder ideal para el cambio: él mismo.

Primera Etapa: Preparación del Plan

Hacerse de las herramientas elementales

Debe comprender el poder y uso, aplicar, promover “por el ejemplo” y difundir, herramientas fundamentales como:

- Trabajar en equipo.
- El ciclo de mejoramiento PHCA y mantenimiento o estandarización EHCA.
- Los estándares de trabajo
- La importancia de “hablar con números” y de sólo hablar cuando se tiene la información correcta y completa, disponible en forma escrita y en las manos.
- La operación por procesos.
- Los conceptos elementales del control estadístico de procesos.
- Las siete herramientas estadísticas (Las viejas siete herramientas)
- Las nuevas siete herramientas.

Facilitaría mucho la tarea el encontrar una persona con el conocimiento y la experiencia sobre el tema, que ayudara en el proceso de puesta en marcha y aceleración del primer kaikaku¹². Algunas Universidades, facultades, fundaciones y asociaciones, están desarrollando acciones en dirección a Kaizen y el Pensamiento Austero y allí puede encontrarse ayuda y asesoramiento. Si bien, en teoría, quien lidere el cambio debe tener más deseos por que se apliquen las filosofías que por conocerlas en absoluta profundidad, la necesidad de mostrar un alto compromiso empresario, inclina la balanza hacia lo primero.

También es correcto asumir que un sensei, interno o externo, podría verse afectado por circunstancias ajenas a toda voluntad, y dejar de prestar ayuda. Si esto ocurriese en medio del desarrollo del programa, a mitad de las transformaciones y sin un principal directivo que, con los conocimientos en la mente dirija el resto, el programa podría resultar en el peor de los naufragios.

Formar un equipo

El principal directivo debe construir un equipo con el cual compartir la planificación y con el cual compartir el liderazgo del cambio. Se comparte, en principio las cualidades que según Peter Wickens, en su libro *Transforming of Workplace* (Barnes, 1997), deben tener sus miembros:

- Alto nivel de credibilidad y confianza personal
- Ser innovadores, realizadores y comunicadores efectivos
- Deben representar a todas las partes de la organización
- Deben mantener sus responsabilidades normales

Ahora bien, dependiendo de la estructura de personal la PyME, es evidente que, aunque sería de suma utilidad, puede no ser sencillo reunir tales cualidades, en un grupo razonablemente pequeño de personas y que además ellas compartan sus cualidades con espíritu de equipo. Debe aceptarse también que buena parte de la bibliografía está pensada para las grandes corporaciones y debe ser ajustada a la PyME.

Tomando conciencia de ello, el principal directivo deberá estructurar sus planes de capacitación basándose en su propio interés en el asunto, o en el que pueda tener o despertarse en sus colaboradores o allegados que reúnan las mayores condiciones posibles. En lo posible debe reunirse a personas en funciones que participen de algún modo en todas las corrientes de valor (cuando son múltiples), esto es formar equipos interdisciplinarios.

De todos modos, un equipo es necesario, a los fines de poder distribuir la responsabilidad de todas las fases del plan que se elabore, a efectos de producir el cambio e instalar la filosofía. Deben asignarse roles a cada integrante.

Algo muy importante, visto y referido con alguna frecuencia de reuniones de “equipos” en PyMEs en las que participa el principal directivo o principal ejecutivo, es que éste no monopolice la reunión. Dependiendo del carácter de la persona, es posible que deje salir a flote su “liderazgo por el poder” que le da la situación de principal responsable. Si se va a comenzar un proceso de cambio para llegar al mismo punto del que se intenta salir, sin recorrido alguno y con la desmotivación de mucha gente, es preferible volver al principio y reflexionar seriamente sobre las preguntas planteadas y sobre todo el contenido del informe y la bibliografía. Para comenzar un arranque fallido, que además destruya la confianza de las personas todavía en nivel de expectativas, en una filosofía que efectivamente puede ser el motor que impulse la salida de la crisis, es preferible no intentarlo.

El máximo responsable deberá compartir las comunicaciones del equipo de comando con el resto del personal y equipo, de modo de mostrar el compromiso a través de su participación, de mostrar el poder transferido al equipo y de hacer el seguimiento de sus planes respecto de lo que sucede en la realidad:

- ¿Se están comunicando correctamente los objetivos de beneficio para todos?
- ¿Se está comprendiendo el mensaje? ¿Las personas avanzan en la comprensión de por qué, para qué y cómo se introduce un cambio?

En posteriores procesos de “gerencia itinerante”, en las que tome contacto con el personal, deberá buscar el modo de que las personas confíen en él, lo suficiente como para decirle qué es lo que realmente percibieron, confirmar qué es lo que creen bueno y malo y además comenzar a tender el “puente de participación” hacia la gente, que acelere su participación en el proceso. Sigue siendo materia de utilizar en forma permanente el

ciclo de Deming: Planear, Hacer, Controlar y Actuar. Cada vez que pueda establecerse que se ha ascendido un paso definido en el camino del cambio, se podrá fijar el mismo a través de un Estándar.

Obtener mayor conocimiento

Existe numerosa bibliografía¹³ a favor y alguna poca en contra. Pueden encontrarse libros que relatan las experiencias de empresas japonesas, americanas, alemanas, inglesas y hasta algunas experiencias parciales argentinas. La bibliografía más actualizada se encuentra en inglés.

Un punto elemental es que todos los directivos de la empresa, y especialmente quien oficie de agente del cambio, deben convertirse en maestros del Pensamiento Austero, al punto en que se convierta en parte de su modo de pensar y actuar.

Mapear las corrientes de valor

La técnica ha sido considerada y se menciona a efectos de señalar la oportunidad cronológica de su aplicación. Si no se mapea la corriente de valor por líneas de productos en forma precisa, será muy difícil reorganizar posteriormente la producción o servucción y eliminar muda en cantidades importantes y beneficiosas.

Como ya se ha dicho el Pensamiento Austero es sistémico, y requiere de pilares que sostengan su operatoria. Si ellos no están en su lugar, ninguna prueba ni cambio definitivo eventuales aportará los beneficios suficientes como para reforzar la motivación propia y de las otras personas. Recordar ser detallista pero no exceder de una sola hoja para el mapa actual completo. La técnica requiere estudio y puede recurrirse a los sitios o bibliografía mencionados a lo largo del informe.

En el segundo paso se debe elaborar el mapa futuro y el Plan de Acción.

Preparar un plan detallado

Utilizar las preguntas qué, por qué, para qué, quién, cuándo, cómo y dónde. Basarse en el método de los Cinco ¿Por qué? (Ohno, 1991) para detectar las verdaderas causas de cada respuesta que se dé a las preguntas anteriores. Si puede darse una respuesta concreta y objetiva tantas veces, es muy probable que la decisión este bien tomada. Muchas veces las respuestas se construyen sobre otras respuestas y lo que no puede elaborarse correctamente un integrante del equipo, puede ser interpretado y re-elaborado por otro. No hay que concentrarse en las grandes estrategias ni pensar en grandes gastos. Si se requiere una inversión importante para producir el cambio, alguien no ha comprendido de qué se trata el proceso de Pensamiento Austero. Traer a la memoria las limitaciones y restricciones que Taiichi Ohno enfrentó y resolvió sin inversiones, de las que no disponía en una empresa y país empobrecidos por la guerra.

Seleccionar cuáles de todos los instrumentos Kaizen serán puestos en práctica y cómo se adaptarán e implementarán estos sujetos a la influencia de la "vieja cultura" por el tiempo que tome vencer la inercia inicial. Graficar siempre. Dibujos y diagramas de flujo facilitan la comprensión y comunicación. Cubrir las preguntas para cada etapa del proceso de cambio.

Reforzar la iniciativa de cambio

Resolver un problema apalanca el proceso. Un problema serio o una crisis profunda, sirven para motorizar el proceso de cambio. La bibliografía menciona que se pueden obtener espectaculares resultados generales, en reducciones de costos e inventarios inmovilizados, en un plazo de 6 meses a un año. La experiencia del autor en pequeñas corrientes de valor de PyMEs locales confirma esos plazos.

Dependiendo del tamaño de la empresa, puede seleccionarse una línea de productos con problemas o parte de una corriente de servucción (e.g.: caso La Buenos Aires Seguros) y concentra el esfuerzo en ella. El esquema mental del “yo también quiero” cuando se vean los resultados, habilitará la extensión de la filosofía al resto de la empresa. Se requieren algunos éxitos inmediatos para empujar el proceso y éste es un modo de alcanzar algunas metas en forma ágil.

Segunda Etapa: Poner en Marcha el Plan

Poner manos a la obra en un sector acotado

Seleccionar un sector de la corriente de valor para realizar un cambio radical (Kaikaku), es el mejor modo de dar el primer paso, especialmente si es el que está mostrando malos resultados en cuanto a productividad, calidad o costos.

Todas las personas que trabajan en dicho sector, el equipo, el sensei y el principal directivo, deben concentrarse en realizar una rápida corrección de todo lo necesario para que el sector pase a operar mediante flujo de una sola pieza (aunque la pieza sea un documento), eliminando todas las fuentes de muda identificadas en el mapa de valor actual. Los estándares para cada proceso dentro del sector deberán establecerse o estar ya establecidos con participación de los responsables de los mismos y toda fuente de información debe ser relevada, registrada, compartida e informada en el área disponible ad hoc: Unidades, tiempos, frecuencias, fallas, errores, mejoras, etc.

Se producirán cortes, errores y fallas, pero lo importante es que se respete el no dar más de un paso atrás por cada dos que se den hacia delante. Deben producirse resultados visibles para todas las personas que provoquen asociaciones del tipo: pensar austeramente = resultados = beneficios para todos.

En todo proceso de esta naturaleza en Argentina siempre surge quien en principio dice “no va a funcionar”, para luego poder decir “yo lo dije”. Independientemente de que sea el tipo de personajes que no ayudan a una compañía, ya sea que esté buscando un cambio cultural o no, ayudará a la moral y motivación general que los resultados invaliden sus palabras y que se vean obligados sutilmente a participar del cambio.

Extender el proceso a los sectores adyacentes

Cuando el primer paso apoya sobre suelo firme, debe extenderse el proceso de cambio a los sectores adyacentes en la corriente de valor. Sucederá que al instalar en el primer sector el flujo de una sola pieza, los procesos adyacentes, que se mantienen operando según el antiguo criterio, estarán detenidos o desfasados respecto al flujo en el sector inicial. Luego, el acoplarse al proceso y comenzar al mismo paso generará adhesión de los responsables y los nuevos grupos de personas envueltos en esta nueva etapa.

Poco después será el tiempo de interconectar toda la corriente de modo que el valor fluya cada vez más uniformemente y con más fuerza. Es vital que los “veteranos” de las primeras etapas se roten con personas de otros sectores de la corriente, de modo de fomentar el trabajo en equipo, dar lugar al orgullo de las personas y extender la filosofía y conceptos. Se mantienen los mismos recaudos sobre el requerimiento de participación de todos los directivos en las sucesivas etapas y que todos participen de la “gerencia itinerante”.

Extender el proceso más allá aún

El siguiente paso es continuar “conectando” sectores de la corriente de valor a la corriente que se ha creado en los primeros pasos. El criterio se mantiene pues todos los sectores administrativos, comerciales o productivos, participan de la corriente y son adyacentes de algún otro sector. Sectores como toma de pedidos, ventas, despacho administración y otros, pueden y deben ser transformados a la nueva filosofía.

Los estándares pueden ser definidos para cualquier actividad y tendrán sentido siempre que se mantenga en mente que cualquier acción o definición dentro de las filosofías debe estar orientada a generar valor para el cliente. El que se establezca que toda telefonista o empleado debe atender un teléfono antes que suene por tercera vez y que responda con su nombre y un saludo es coherente con la filosofía, ya sea que quien llame sea un cliente externo o interno. Una decisión que establezca que una telefonista deba atender al menos X llamadas por día no establece realmente un estándar ya que los clientes no se benefician de más o menos llamadas atendidas sino del tiempo y forma de atención a cada uno de ellos.

Ajustar toda la estructura

Hay dos efectos no muy satisfactorios en este proceso que pueden o no tener un mismo final. Por un lado, En algunos sectores surgirán trabas o barreras al cambio, de manos de personas que no adoptan el compromiso con el cambio. Un esfuerzo para guiarlas en la dirección en que se mueve el valor facilitará su adaptación, pero de nada sirven los anarquistas o francotiradores internos. Sólo desmoralizan y desmotivan a las demás personas y deben ser removidos del camino de los demás.

Por otro lado, el proceso austero liberará cantidades de personal que pueden ser importantes y alcanzar con facilidad el 50% (Womack y Jones, 1996) de la fuerza de tareas involucrada en tareas en una línea de trabajo masiva.

Esto último es algo que debe preverse en la estrategia en función de la oportunidades de mercado que se evalúen. Como ya se ha comentado, en el caso de Unipart, la importante cantidad de personas y espacio liberada luego de la conversión en su división de distribución, permitió incorporar toda una nueva línea de productos, con el inmediatamente visible efecto motivador de bienestar para todos. Si no fuera posible anticipar negociaciones con otras empresas para establecer una previsión de nuevos negocios, que permitan aprovechar el excedente luego de la transformación, es necesario hacer una evaluación más profunda anticipadamente y cortar la fuerza de trabajo antes de comenzar el proceso de cambio. No puede pensarse en que alguien que perciba que por las mejoras que ayuda a introducir en su trabajo quedará cesante, colabore con entusiasmo en la actividad que se lleva a cabo.

El pensamiento austero no tiene por objeto eliminar puestos de trabajo, sino crear nuevos y quien comience un proceso de cambio con estos objetivos a través de un inicio austero, verá fracasar su negocio en no mucho tiempo (Womack y Jones, 1996).

Luego lo más apropiado y “austero” será diseñar una estrategia orientada a aprovechar los recursos excedentes y hacer que el negocio crezca, lo cual sólo derivará en más beneficios para los stakeholders y más gente deseando colaborar.

Tercera Etapa: Ampliar el Horizonte

Extender el conocimiento

Con el proceso avanzado también será tiempo de practicar el Despliegue de la Política, que defina los planes de mejora y extensión de la filosofía a cada detalle de la operatoria interna. Un modo de continuar la expansión será capacitar y ayudar a las personas que trabajan con los proveedores y también con los clientes, tal como hiciera localmente la empresa Siderar con su cliente Taranto¹⁴ años atrás.

Un proceso de aprendizaje que haga que las personas comprendan el por qué de cada cambio reforzará la fijación del cambio en sus mentes.

Incentivar la formación de grupos de mejoramiento continuo dando a las personas de las herramientas adecuadas y animándolos a vencer la timidez y el rechazo inicial, impulsará nuevas ideas que también reforzarán los beneficios y extenderán el cambio. El reconocimiento a sus esfuerzos de distintos modos reforzará también la voluntad de mejorar continuamente.

El ciclo de Deming del mejoramiento y los Cinco ¿Por Qué? de Ohno, así como el diagrama de espina de pescado (Ishikawa, 1988) son valiosas herramientas para cualquier persona, en cualquier área de la empresa, para producir decisiones reflexionadas y acertadas. El mejoramiento continuo requiere de un pequeño grupo de herramientas y conceptos básicos, que pueden ser enseñadas y practicadas en solamente diez horas de capacitación.

En un país en el que muchas tareas sufren demoras y errores porque gran cantidad de profesionales recibidos no sabe utilizar la regla de tres simple, es importante mantener programas de formación y mantenimiento, no sólo en temas relacionados a Kaizen y el Pensamiento Austero, sino también en matemáticas y en los elementos básicos más importantes de estadística.

Administrar en forma transparente

Poco a poco las personas irán tomando a su cargo el liderazgo de todo el sistema y será necesario que:

- Toda información respecto a la operatoria se encuentre visible, para que las personas puedan:
 - Reconocer nuevas oportunidades de mejora
 - Sentirse parte del mejoramiento que producen
 - Comprender en qué ayudar y cómo
- El sistema de reconocimiento a la mejora continua debe apoyar el que la gente continúe aportando ideas y que ellas sean reconocidas sólo en proporción al valor que agregan para el cliente.
- Como apoyo de lo anterior y del sistema entero, generar un sistema de remuneraciones que agregue a los salarios promedio del área e industria, un porcentaje de la rentabilidad de la empresa.
- Desarrollar un sistema contable Austero (ABC) y asegurar que toda la operación de la empresa se base en la corriente de valor para el cliente.

Plazos

Según se puede evaluar de la bibliografía disponible y los casos estudiados, desde la programación hasta el arranque no debería tomar más de un mes, si el equipo de transformación tiene los conocimientos y se dedica al tema con concentración. En casos diferentes podría estar entre uno y dos meses, pero no debe extenderse porque puede comenzar a perderse motivación. La tentación de mantener el status quo es muy grande.

La primera etapa del programa debería completarse dentro de los seis meses y se requerirán entre uno y cinco años para completar el programa de cambio austero propuesto, agregando todas aquellos métodos y estrategias que completen el programa y se logre el afianzamiento definitivo.

La duración de este proceso dependerá del tamaño de la PyME, de la complejidad de la industria en la que se desenvuelve, de la situación y condiciones iniciales y de la energía que el principal directivo ponga en ello.

Notas

- (1) Se utiliza genéricamente el término "producir" en referencia a la producción de bienes y servicios, tanto externos (para venta a clientes) como internos (procedimientos y productos de la gestión de la empresa).
- (2) En el trabajo origen se mencionan diez "técnicas"(SIC) consideradas: Control estadístico de procesos, Muestreos de aceptación, Diseño de experimentos, Sistemas de Calidad Total, Mantenimiento Productivo Total, planificación de los recursos de fabricación (MRP), JIT, células o "líneas en U", Trabajo en equipo y Teoría de las Restricciones (TOC).
- (3) La Teoría de las Restricciones es un concepto relativamente reciente y es inconsistente con las otras "técnicas" seleccionadas. MRP, que ha sido abandonado en los casos de estudio analizados (en los que se implantó el Pensamiento Austero) por cuanto requería una gran inversión en sistemas que no se compensaba con resultados en ahorros y mejor organización.
- (4) Las normas consideradas fueron las ISO 9001, 9002 y 14000.
- (5) Combinación de dos técnicas vinculadas a la organización del trabajo (células y/o líneas en U y trabajo en equipo) y otras dos vinculadas a la organización de la producción (JIT y MRP).
- (6) La utilización de dos de cuatro "técnicas" considerado sobre un sistema armónico de estrategias tan grande como Kaizen y el Pensamiento Austero, es considerado como ínfimo.
- (7) Encuesta a 1.600 empresas, de cobertura nacional, realizada por el INDEC a pedido de la Secretaría de Ciencia y Tecnología, en 1998 (Bisang y Lugones, 1998).
- (8) Análisis propio a partir de datos tomados del informe del Centro de Estudios para la Producción, documento preliminar, Octubre de 2001.
- (9) Análisis propio a partir de datos tomados del informe del Centro de Estudios para la Producción, documento preliminar, Octubre de 2001.
- (10) La "reacción en cadena" de Deming CALIDAD = PRODUCTIVIDAD = DOMINIO DEL MERCADO = TRABAJOS PARA LAS PERSONAS (sintetizada). Ver bibliografía de William Edwards Deming.
- (11) Fusión de uno de los primeros importadores de vehículos Chrysler con la Chrysler Corporation de USA.
- (12) Cambio y mejoramiento radical en un tiempo cortísimo.
- (13) También existen sitios y foros en Internet sobre todo tipo de temas relacionados a Kaizen, Pensamiento y Producción Flexible, Mantenimiento Productivo Total, TQM, Calidad Total, etc, algunos especializados, como www.tpmonline.com, y otros generales como www.lean.org. Lean Enterprise Institute, pero todos pueden aportar información útil.
- (14) Ganador del Premio Nacional a la Calidad en 2000.

Referencias

- ANGELELLI, M. (1999) Los Problemas del Entorno de Negocios. Desarrollo Competitivo de las Pymes Argentinas. Miño y Dávila Editores, Buenos Aires.
- BARNES, T. (1997) Estrategias Kaizen para un Liderazgo Exitoso. Mc Graw-Hill, Colombia.
- BERISTAIN, M. (2000) Las Pymes Ya No Confían En Las Ventajas Del Mercado Interno. Exportar Para Sobrevivir. Suplemento Económico del matutino Clarín del 02/04/ 2000.
- BISANG, R., LUGONES, G. (1998) La Conducta Tecnológica de las Empresas Industriales Argentinas durante el proceso de apertura y desregulación Económica (1992-1996). INDEC-Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires.
- DEMING, E. W. (2000) Out of the Crisis. MIT Press, USA.
- IMAI, M. (1996) KAIZEN, La Clave De La Ventaja Competitiva Japonesa. CECSA, México.
- IMAI, M. (1998) GEMBA KAIZEN. Mc Graw-Hill Interamericana, Colombia.
- ISHIKAWA, K. (1988) ¿Qué es Control Total de Calidad?, La Modalidad Japonesa. Norma, Colombia.
- KAPLAN R. S., NORTON D. P. (1997) Cuadro de Mando Integral (The Balanced Scorecard). Gestión 2000, Barcelona, España.
- KOSACOFF, B. (2000) El Desempeño Industrial Argentino. Mas Allá De La Sustitución De Las Importaciones. Naciones Unidas, CEPAL, Buenos Aires.
- KOSACOFF, B., LÓPEZ, A. (2001) Los Cambios Organizacionales Y Tecnológicos En La Pequeñas Y Medianas Empresas. Repensando El Estilo De Desarrollo Argentino. Revista de la Escuela de Economía y Negocios de la UNSAM. Jorge Baudino Ediciones.
- LANUSSE STORNI, J. A. (2001) Las reformas estructurales y las micro, pequeñas y medianas empresas: una agenda posible. Revista contribuciones, N° 1/2001. Centro Interdisciplinario de Estudios sobre el Desarrollo Latinoamericano. Fundación Konrad Adenauer, Argentina, www.campus-oei.org/n5444.htm.
- MILESI, D. (2000) Del Ajuste Macroeconómico a la Competitividad Microeconómica: El Caso De PyMEs Industriales argentinas. Documento de trabajo n° 20 de la UNGS.
- OHNO, T. (1991) El Sistema de Producción Toyota. Ediciones Gestión 2000, Barcelona, España.
- OHMAE, K. (1989) La Mente del Estratega: El Triunfo de los Japoneses en el Mundo de los Negocios. McGraw-Hill, España.
- RODRÍGUEZ BÁEZ, F. (2000). El Comportamiento Del Ingreso Per Cápita. Revista Perspectivas, N° 4, abril 2000. Estudios Técnicos, Inc. San Juan de Puerto Rico, <http://estudiostecnicos.com>.
- ROTHER, M., SHOOK, J. (1999) Learning to See. Lean Enterprise Institute, USA.
- WALTON, M. (1989) The Deming Management Method. Dodd, Mead & Company, Londres, Gran Bretaña.
- WELLINGTON, P. (1997) Estrategias Kaizen para Servicio al Cliente. Mc Graw-Hill, Colombia.
- WOMACK, J. P., JONES D. T. (1991) La Máquina que Cambió el Mundo. Mc Graw-Hill, México, 1991.
- WOMACK, J. P., JONES D. T. (1994) From Lean Production to Lean Enterprise. Harvard Business Review. Páginas 93 a 102.
- WOMACK, J. P., JONES D. T. (1996) Lean Thinking. Simon & Shuster, New York, USA.
- YOGUEL, G., BOSCHERINI, F. (2000) El Desarrollo de las Capacidades Innovativas de las Firmas y el Rol del Ambiente: el Caso de Firmas Industriales Argentinas Pertenecientes a Distintos Sistemas Locales. LITTEC-UNGS, www.littec.ungs.edu.ar
- YOGUEL, G., MILESI, D. (2001) Technological and Organizational Capabilities for de Development of Competitive Advantages – The Case of Successful SME Exporters in Argentina. Incluido en una investigación patrocinada por FUNDES Argentina, 2001, www.littec.ungs.edu.ar.
- YOGUEL, G., RABETINO, R. (1999) Algunas Consideraciones Sobre La Incorporación De Tecnología En La Industria Manufacturera Argentina en la Década de los Noventa: Las Evidencias Recientes. Documento de trabajo N° 15 de la UNGS.

Estudio sobre la Obtención de una Ventaja Competitiva Sostenida a Través de Nexos Informáticos entre Instituciones de Investigación y Desarrollo y Pyme's*

F. L. Gache, J. González, O. Peusner

Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Buenos Aires,
Medrano 951 (C1179AAQ) Buenos Aires,
República Argentina
E-mail: gachef@frba.utn.edu.ar

Resumen

Se discuten las características de las normas de gestión y aseguramiento y los modelos para premios a la calidad y se analizan críticamente las modalidades de evaluación. En particular, se estudia la influencia de las subjetividades y se formulan propuestas para minimizarlas, a través del uso de herramientas de la calidad. Las herramientas específicas fueron las matrices de asignación de prioridades, la ponderación directa de atributos por consenso en un grupo reducido, sobre la base de la asignación de grados de prioridad, y el método Delphi de valoración por expertos.

Abstract

The present work begins with the study of the reality that the SMEs live in the world, and especially in Argentina. From the results obtained, a computer science model is established, in order to provide the SMEs entrepreneurs the ability to interact with research and development organizations (not connected with lucrative aims) and thus obtaining a permanent competitive advantage. The most important expected effect is to reconstruct the regional economies taking their SMEs as the cornerstone of Argentine growth. It is worthwhile to emphasize that the methodology is focused on the analysis of Argentine cases that, because of their relevance, allow to infer the model to be implemented.

* Trabajo realizado sobre la base de la tesis presentada por F. L. Gache para optar al grado de Magister en Administración de Negocios.

Introducción

La importancia de las PyME's en el mundo es fácilmente demostrada, por constituirse en el 72 % (en promedio), de las empresas que se encuentran en actividad. De acuerdo con los estudios realizados para el caso argentino (año 1994), por instituciones como la fundación FIEL o la sociedad SOCMA, entre otras, se determinó que el 99 % de las empresas argentinas son PyME's, centrando su importancia en que aportan el 41 % del PBI, y son fuente de trabajo para 2.500.000 personas (el 70 % de la fuerza laboral) con lo cual se constituyen en generadoras de empleo y el motor de las economías regionales.

Pero, actualmente, la problemática del caso argentino es un tema preocupante, pues la mayor parte de las PyME's ha debido enfrentar desde principios de los 90, un fuerte aumento de la presión competitiva y una creciente incertidumbre ambiental. Ésta se agrava al momento de buscar soluciones, pues encontramos que las ciencias que las estudian, como ser la economía y la administración de empresas no son ciencias exactas, por el contrario, no hay leyes rígidas que las regulen, pudiendo esperarse tan sólo una cierta probabilidad de reacción previsible ante ciertos estímulos, y al mirar hacia el futuro, en el nuevo contexto se perfila como fundamental, el desarrollo de capacidades innovadoras, las que se convertirán en un elemento clave en la búsqueda de la competitividad.

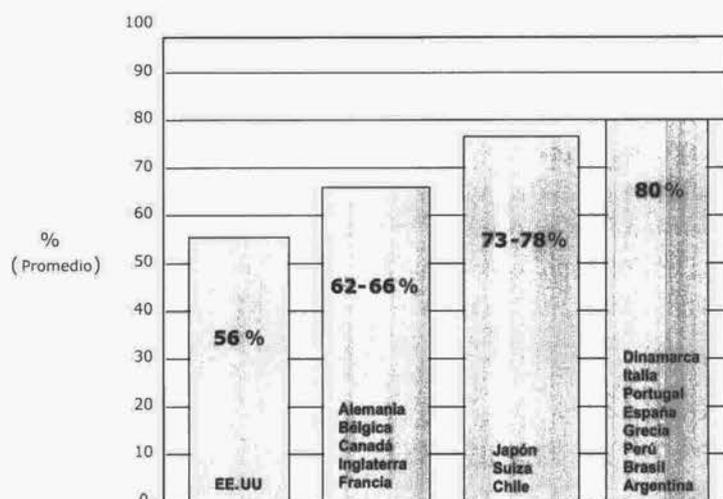


Figura 1. Distribución mundial promedio de PyME's por país. Informe FIEL (1996)

Es por esta razón que se presenta un modelo de trabajo que les permitirá a los empresarios PyME's, que tengan la valentía y el coraje de innovar y probar nuevos métodos, una forma de hacer frente, a paso lento pero seguro, a los serios problemas con los que deben lidiar a diario, con el fin de permanecer en el mercado, obtener utilidades y establecer una pauta de crecimiento, pues es sabido que en el actual contexto turbulento nadie puede sentirse fuerte por lo que es, y la única fortaleza posible es la que proviene de tener la habilidad de adaptarse y responder al entorno dejando de ser lo que se es, para ser lo que sea necesario.

Ambiente PyME

A efectos de hacer un breve análisis del ambiente en que se desenvuelven las PyME's, tomaremos a éstas como referencia describiendo los aspectos externos e internos a las mismas. En lo referente al aspecto externo se percibe con mucha claridad que las instituciones de crédito y los bancos no les hacen la

cosa fácil, es más, les otorgan créditos muy caros y algunas veces ni siquiera se los dan. Esta actitud dificulta la gestión de la firma, resultando uno de los sectores más afectados el de investigación y desarrollo (I&D) y por tanto perdiendo competitividad, al no poder desarrollar innovaciones para incorporar al proceso productivo. En cuanto a los organismos gubernamentales, no terminan de jugarse y asignar a las PyME's el lugar que realmente les corresponde, enviando leyes que las respalden y las habiliten a iniciar un despegue exitoso. Dicha situación se ve agravada por los efectos de la globalización en que estamos inmersos y que se manifiesta en mercados maduros, con pocos clientes a descubrir, a lo que se suman los cambios tecnológicos que se producen con una virulencia sorprendente. Los competidores hacen cada vez mayores alardes de imaginación y se multiplican con mejores propuestas. Los consumidores, por su parte, acicateados por la oferta tecnológica de las grandes empresas, son más exigentes y sus expectativas aumentan, por lo cual los mercados se segmentan, las empresas se diversifican y se especializan, resultando que los productos se parecen más en sus características básicas. En definitiva, es cada vez más importante prestar atención a las necesidades de los usuarios y estar en condiciones de satisfacerlas. En el plano interno, el ápice estratégico carece de elementos como para hacer frente a los problemas del día a día y responder, aún con gastados instrumentos, a los requerimientos de los clientes, lo cual hace tambalear su confianza en resolver nuevos problemas surgidos de un mercado tecnológicamente en explosión.

Los empleados, por su parte, al no ver una posición sólida en sus jefes pierden las fuerzas y se limitan a hacer lo necesario como para mantener su puesto de trabajo.

En definitiva, la situación no es fácil y entre los problemas directos e indirectos, se abre un abanico grande y variado de situaciones que en algunos casos, son causa y en otros, efecto del real problema de fondo, que por ser simple no deja de ser muy difícil de solucionar. Se trata de una...

Crisis de confianza

Porque:

- Las instituciones de crédito no confían en la capacidad de las PyME's para devolver los prestamos en tiempo y forma, y por tanto los castigan con altos costos que en definitiva no hacen otra cosa que agravar la situación.
- Las cámaras empresariales, a su vez, resultan ser arte y parte cuando se reúnen para tratar los problemas que las aquejan. Esto genera un clima de desconfianza al momento de desnudar sus problemas internos, con intenciones de encontrar una salida aceptable a los problemas que viven, y en consecuencia no existe un ámbito aglutinante que albergue y proteja sus necesidades de consejo.
- Las PyME's han perdido la confianza en sí mismas, pues, los empleados no confían en sus superiores y éstos, apremiados por el entorno, priorizan lo urgente ante lo importante, convirtiéndose en "reactivos". El motivo de estos efectos se centra en las siguientes causas:• El ápice estratégico establece los objetivos de la PyME sin incluir el crecimiento interno como una forma sólida de desarrollo empresarial.
- La ausencia de una política de recursos humanos (RR.HH.) se ve reflejada en los conflictos que se generan por dejar que las urgencias sean reconocidas como prioritarias frente a la seguridad, la capacitación y el desarrollo, tanto de la organización como de su personal
- Muy difícilmente se encuentra quien lleve un registro detallado de su gestión y mucho menos de los conocimientos y habilidades almacenados en sus empleados, lo cual se traduce en una disminución de la productividad cuando se producen bajas dentro del personal, y por tanto pérdidas de conocimiento no evaluado.
- Debido a la apremiante situación, el ápice está enfocado en el corto plazo, con estructuras de producción rígidas y prácticamente sin planificación.

- Las dificultades financieras sufridas por las PyME's se han visto profundamente afectadas por las continuas crisis económicas que, sumadas a las restricciones y a los altos costos impuestos para acceder al crédito, agravan más la situación, que ya de por sí es penosa.
- Y si bien presentan una gran avidez por tecnología de punta, son muy pocas las posibilidades de acceder a ellas.

Como consecuencia de lo expuesto se genera tanto en el ápice estratégico como en el conjunto de empleados un gran estrés, que termina por empeorar aún más las cosas.

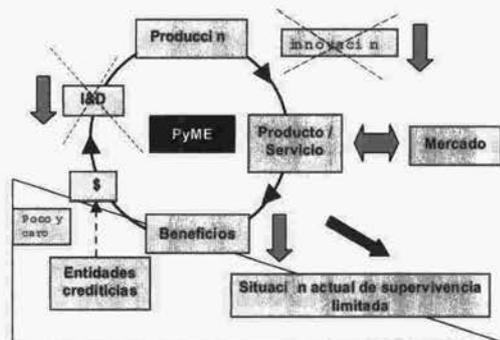


Figura 2. Modelo de la situación actual de de las PyME's

Es por estas razones que los beneficios obtenidos en el mercado como consecuencia de la venta de sus productos/servicios no es lo suficiente como para permitir a la PyME un mejor desenvolvimiento o eficiencia que revierta su triste destino. El producto/servicio que de esta forma sale al mercado lleva impresa una carga negativa que es fácilmente detectada por los clientes, los que reaccionan en su defensa eligiendo productos con mejor presentación o, en caso de existir una situación similar en los otros oferentes, pasan a ser rehenes de un mercado que podría haberlos cautivado. La consecuencia lógica de este escenario se traduce en unos beneficios escasos que no permiten armar una presentación sólida ante las instituciones de crédito, frustrando las expectativas de realizar investigación que favorezca la innovación. Es básicamente este escenario el responsable de que los bancos y las instituciones crediticias no confíen en las firmas y por tanto, no faciliten créditos o bien lo hagan a precios inaccesibles. La consecuencia lógica no tarda en llegar y es percibida por el mercado.

En pocas palabras, hemos presentado la pobre situación que es tan viviendo las PyME's del mundo y en especial las argentinas. Cabe ahora plantear:

- ¿Cuál es la solución propuesta en el presente trabajo?
- ¿Cuál es la forma de implementarlo?
- Y lo más importante ¿por qué va a funcionar?

Solución propuesta

Se propone, como una forma de ayudar a los empresarios PyME's a salir del atolladero en que se encuentran, utilizar como piedra fundamental al elemento más importante de los cuales disponen: "SUS COLABORADORES", y a partir de allí, previo un trabajo que esté orientado a obtener su satisfacción, comenzar a construir el camino del éxito.

Dicha importancia se basa en que el conocimiento de la PyME se encuentra en la mente de sus colabo-

radadores, sustentado en la experiencia aplicada, la tecnología organizativa, las relaciones con los consumidores y los contactos empresariales, los que al ser puestos en práctica en su conjunto, conforman el Capital Intelectual de la PyME. Dicho material intelectual es parte indivisible de su personal y constituye una fortaleza de la organización, que le permitirá aprovechar las oportunidades del mercado, produciendo el efecto sinérgico conocido como ventaja competitiva.

Por tanto se presenta un modelo que permite adquirir y profundizar conocimiento de la forma más económica posible. A tal efecto, se plantea la necesidad de comunicar a las instituciones de I&D que no presenten fines de lucro, con las PyME's por medio de redes informáticas, lográndose de esta forma que el intercambio fortalezca a ambas: en el caso de las instituciones, con información de problemas reales y en el caso de las PyME's con información para incorporar a su capital intelectual. La condición de no perseguir fines de lucro surge como consecuencia de lo analizado en el caso presentado por V. Morí-Koeing y colaboradores. (1998) y otros, respecto al Partido Tres de Febrero, donde los dirigentes de las cámaras que agrupan a las PyME's son a su vez arte y parte del grupo y por cuya razón no se puede establecer un espacio de consulta y crecimiento libre de intereses encontrados. Por el contrario, el estudio realizado por las mismas personas en la ciudad de Rafaela, (F. Boscherini y colaboradores, 1998) ha puesto en evidencia efectos sinérgicos muy importantes, pues quien agrupa a las PyME's, asegurando la confidencialidad de los datos, es el Municipio (Municipio de Rafaela, 1998) a través de una búsqueda constante del crecimiento de la ciudad, como suma del crecimiento individual de las instituciones que la componen.

Cabe destacar que la comunicación entre las PyME's y las instituciones de I&D deberán hacerse a través de un ente coordinador, quien tendrá a su cargo el control de la red y por tanto la confidencialidad de la información que viaja por ella.

Implementación

Para su implementación, tarea que no es simple, se debe comenzar con fijar un objetivo que esté de acuerdo con el entorno analizado y del cual surjan estrategias que permitan su concreción.

El objetivo planteado es:

- “Restablecer la confianza de las entidades de crédito en un plazo de tres años”

Las metas propuestas

- La satisfacción y confianza de los colaboradores, en un plazo de 1 año
- La satisfacción y confianza de los clientes en 2 años
- La confianza de las entidades de crédito en 3 años

Estrategias

Vamos a utilizar el análisis FODA (Fortalezas y Oportunidades, Debilidades y Amenazas) como herramienta para plantear las estrategias que nos van a permitir obtener o lograr el objetivo y las correspondientes metas fijadas



Figura 3. Nueva visión del FODA en función de las ventajas/ desventajas competitivas

Es importante señalar que las Oportunidades y Amenazas son aquellas condiciones o situaciones en las que la firma no tiene ninguna posibilidad de influir en forma directa. Por el contrario, las Fortalezas y Debilidades son todas aquellas condiciones o situaciones que dependen fundamentalmente de la forma en que se constituye la organización, o sea de su pasado y presente.

Es por esta razón que todas las empresas que se encuentran en competencia dentro del sector industrial o arena de Porter (1990) están influenciadas por las mismas variables externas, pero no ocurre lo mismo con las variables internas, ya que estas dependen exclusivamente de su constitución.

Ventaja competitiva (Fortalezas – Oportunidades)

La o las ventajas competitivas surgen cuando una organización puede potenciar o aprovechar mejor que los demás competidores las oportunidades que presenta el sector industrial por medio de sus fortalezas. Esta es la clave por la cual difícilmente dos empresas puedan presentar iguales ventajas competitivas ante el mercado, ya que aunque se basan en las mismas oportunidades, si cada una de ellas aprende a reconocer cuáles son sus verdaderas fortalezas, determinará una ventaja competitiva diferente a la de los demás y cuyo valor comparativo dependerá de la forma en que potencie las oportunidades que brinda el mercado.

Desventaja competitiva (Debilidades – Amenazas)

En este caso ocurre algo muy parecido a lo expresado en el párrafo anterior, sólo que aquí las variables externas son las amenazas, que si bien afectan a todos los competidores, en cada caso se van ver potenciadas en diferentes magnitudes o medidas de acuerdo con las debilidades que cada firma posea. Nuevamente se vuelve a establecer una variable que aun cuando está compuesta por una magnitud común, no afecta a todos, ni representa el mismo peligro para todos los que comparten la arena.

Variables de control (Fortalezas – Debilidades)

La combinación de las fortalezas y las debilidades define el conjunto de las variables de control, sobre las cuales cada empresa deberá trabajar día a día haciendo su mejor esfuerzo, pues en realidad son las únicas variables con las que puede hacer algo concreto, constituyéndose en variables independientes del sistema. Es más, se puede asemejar al punto de apoyo que requiere la palanca para mover la gran roca.

Variables externas (Oportunidades – Amenazas)

La combinación de estas variables permite al empresario PyME evaluar la condición de agresividad de la arena y, si bien en principio no puede hacer nada para modificarlas, le permiten establecer estrategias que tiendan a aumentar las oportunidades y a disminuir las amenazas. Cabe destacar que estas variables externas resultan ser variables dependientes de las variables internas o de control.

Estrategia competitiva resultante

La búsqueda de la ventaja competitiva sostenida debe estar guiada por un proceso de profundo análisis de las características de cada organización en particular y en especial de las PyME's, las cuales están muy limitadas en sus recursos. Si bien Michael Porter (1990) ha descrito básicamente dos tipos de ventajas competitivas genéricas para tener éxito en el mercado, bajos costos o diferenciación, no debe olvidarse que las mismas, antes de ser aplicadas a una empresa, deben pasar por el filtro de sus variables de control, con el fin de ajustarlas a la realidad de la firma. Cada organización, desde el momento de su creación, posee características que pueden ser explicitadas como la suma de fortalezas y debilidades que las hacen únicas. En virtud de lo expuesto surge, como un elemento estratégicamente relevante, la forma y los recaudos con que el directivo PyME elige el lugar en que va a operar la firma, basando su elección de forma tal que le permita maximizar las oportunidades y minimizar las amenazas. De la combinación de las Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas surge el plano competitivo de cada PyME y teniendo esta base comenzaremos por enunciar las estrategias que los responsables de las PyME's deberán implementar en el plano interno o de las variables internas para hacer posible el objetivo propuesto.

El ápice estratégico deberá:

- Cambiar su actitud reactiva por una proactiva que contemple la revalorización de los empleados, quienes a partir de ese momento se constituirán en colaboradores
- Demostrar que está seguro de lo que hace, manteniendo la calma y no cambiando las directivas en forma aleatoria
- Cumplir con lo prometido a su personal, proveedores y clientes
- Mejorar la comunicación tanto interna como externa, poniendo en esta acción un esfuerzo extra
- Solicitar ayuda a entidades de I&D por medio de la red que en principio tomará como nodo un ente comprometido con la causa PyME, pero que no esté ligada económico/financieramente con ellas
- Capacitarse para el cambio por medio de asesorías y cursos
- Priorizar los RR.HH. a través de acciones que refuercen la confianza y la toma de decisiones
- Implantar la Gestión del Conocimiento como una forma de administrar el Capital Intelectual

El impacto de la aplicación de estas estrategias va a permitir cubrir la primera meta, o sea la satisfacción de los colaboradores, que en definitiva no es otra cosa que haber maximizado las fortalezas de la PyME fijando las bases para que el cambio sea posible.

La ventaja competitiva surgirá de potenciar las oportunidades del mercado a través de las fortalezas incorporadas, para lo cual hay que reflejar las estrategias aplicadas para los colaboradores en los consumidores, resultando en:

- Mejorar la calidad/ prestación del producto / servicio ofrecido al mercado.
- Centrar los esfuerzos de los colaboradores en obtener la satisfacción del cliente.

- Incrementar la confianza de los clientes, cumpliendo con lo prometido.
- Mejorar la comunicación con los clientes.

Como consecuencia de esta ventaja competitiva las entidades otorgadoras de crédito poco a poco irán ganando confianza y de esta forma se irá lentamente mejorando la calidad y cantidad de los préstamos realizados a las PyME's.



Figura 4. Modelo de la situación futura de supervivencia más crecimiento

La Propuesta y la Esperanza en su Funcionamiento

Se considera que esta propuesta puede ser exitosa, en principio porque el ápice estratégico de la PyME ha cambiado su actitud miope por una sistémica, factor que, apoyado por las estrategias planteadas, producirá un efecto cascada en los colaboradores, y éstos en los mercados y por último en las entidades de crédito. En definitiva, lo que ha logrado su cambio de actitud es poner en marcha el proceso que va a desarticular las principales desventajas competitivas, que son aquéllas que se encuentran constituidas por todas las Amenazas que son potenciadas por las Debilidades de la organización y que al igual que las ventajas competitivas son diferentes para cada PyME.

En lo que respecta a la búsqueda de la ventaja competitiva sostenida, va a ser posible si, y sólo si, existe un esfuerzo para el logro de los resultados y precisamente allí es donde radica la potencia del presente modelo, pues cualquiera que quiera obtener la misma ventaja deberá hacer el esfuerzo que le corresponda para obtener los mismos o equivalentes resultados.

Otro punto importante por el cual el modelo va a funcionar, es porque para llevarlo a cabo no se necesita una gran inversión y cualquier empresa que se encuentre compitiendo, podrá trabajar para incrementar sus Fortalezas y disminuir sus Debilidades, logrando en el peor de los casos, mejorar sustancialmente su situación de partida.

Existe un ejemplo que ratifica lo expresado, se trata de la empresa metalúrgica GUT METAL S.R.L.¹, cuyo ápice estratégico ha adoptado una actitud muy fuerte de respeto y valoración de los conocimientos y habilidades de sus colaboradores, quienes son elegidos principalmente del grupo de oficiales metalúrgicos de más de 50 años que se han quedado sin trabajo por ser considerados "viejos". El resultado que obtiene con esta actitud es sorprendente pues, devuelve la "vida" a esa gente que, a pesar de tener un conocimiento de su tarea que en promedio oscila en los 20 años, y que se sentía con toda la fuerza para rendir unos años más, había sido "descartada" por un problema burocrático. Desde el punto

de vista de la PyME, lo que ha logrado es, por un lado, incrementar su capital intelectual y por ende sus fortalezas, y por otro ha ganado apóstoles de la causa PyME.

Pero no nos confundamos; el hecho que no implique una erogación no significa que sea sencillo de realizar. Por el contrario, es una de las cosas más difíciles de poner en práctica, ya que comienza con el cuestionamiento de la persona (en este caso del ápice estratégico). No en vano el ser humano, en la mayoría de los casos, trata de resolver los efectos del problema que lo afectan antes que las causas que los generaron, pues es más fácil que los demás modifiquen su accionar, que corregir "uno" sus modelos mentales, hecho que la filosofía oriental ha plasmado en la frase "para no tropezar cuando camines por el mundo, no hagas alfombrar los caminos, cálzate una sandalias". Por suponerse que no es tarea sencilla y que muchas empresas van a necesitar ayuda, es que se propuso crear un espacio en el que las PyME's puedan recurrir a efectos de encontrar asesoramiento y confidencialidad a sus problemas y planteos.

Reflexiones finales

Hemos presentado un modelo nuevo que está sustentado en el personal de la PyME y para su implementación se requiere un cambio de actitud de sus directivos, mediante el cual deben reconocer de hecho que solos no van a poder triunfar en un mercado altamente competitivo y que si tienen alguna posibilidad ésta va a ser, formando un bloque cerrado con sus colaboradores. Dicha actitud deberá estar orientada a establecer un ambiente de confianza interna, para lo cual deberá mostrar que cumple lo que promete, que está seguro de lo que hace, que está capacitado para llevar a cabo las acciones necesarias y que conoce el problema a que se enfrenta. Consecuentemente, se deberán revisar todos los procedimientos, tanto implícitos como explícitos, y orientarlos hacia el logro de un clima laboral propicio para que el personal aporte a la empresa lo mejor de cada uno. Establecidas y puestas en práctica las estrategias, se comenzará por dar forma al capital intelectual de la firma, estableciendo una base de conocimientos y habilidades de cada uno de los colaboradores en particular y de la organización en general. Como apoyo en todo momento, la PyME puede hacer uso del espacio a crear o creado en una organización que sin perseguir fines de lucro esté comprometida con la causa PyME y el país. El paso siguiente consiste en organizar o reorganizar el grupo de I&D en forma interna (con recursos propios) o externa, con ayuda de entidades especializadas, lo cual permitirá modificar el producto/servicio de forma tal que sea visto por el mercado como un esfuerzo para atenderlo mejor y más eficientemente. Si los clientes logran percibir el cambio van a premiar a la PyME con su elección.

Cabe destacar que si bien se ha iniciado un cambio, esto no significa que los resultados sean inmediatos o a corto plazo, es más, recién a mediano plazo se podrá empezar a percibir los primeros resultados. Lo que sí es cierto, es que cuando esto comience a hacerse ver, no sólo lo van a apreciar los clientes, sino también las instituciones crediticias, y como respuesta muy lenta, pero respuesta al fin, comenzarán a incrementar su confianza en estas firmas y por tanto empezarán a aparecer créditos no tan caros.

Es seguro que pasen unas cuantas vueltas, antes de que las entidades financieras acumulen suficiente confianza como para otorgar créditos en condiciones favorables, pero lo que también es seguro es que una vez logrado el cambio, y mientras la PyME siga haciendo buena letra, los créditos van a facilitarle la incorporación de innovaciones al mercado. Este aporte de capital permitirá a la PyME reestructurar sus procesos productivos, logística, etc., que a su vez les generarán problemas que para ser resueltos re-

currirán a la base de conocimientos para buscar la persona y el método más apropiado para resolverlo, y en caso de no haber una respuesta que cubra dicha brecha se recurrirá a las entidades de I&D externas, quienes luego de estudiar el problema transferirán la solución que después de implementada se incorporará a la base de conocimientos.

Si la solución fue bien recibida por el mercado, la empresa verá que los beneficios comenzarán a crecer lentamente, pero en el espíritu del personal de la PyME se habrá dado un gran paso hacia el logro de futuros desafíos.

En definitiva se habrá logrado un aumento de confianza:

- Dentro de la PyME, reafirmando su capacidad de resolver problemas mayores
- En el mercado, que ha visto el espíritu de superación de la PyME y por tanto ha mejorado su posicionamiento
- De las instituciones de crédito que al observar el desempeño de la PyME y la forma en que va consolidando su patrimonio, cada vez irán poniendo menos reparos ante el pedido de un crédito, ayudando a quien se ha ayudado.

Es sabido que la globalización está cambiando el paradigma en que estamos inmersos, y los cambios como los que hoy vive la Argentina y el mundo son una fuente de interrogantes para el empresario PyME y que sólo pueden ser resueltos analizando cuál va a ser el futuro de las mismas y que tipo de innovaciones va a ser necesario implementar. Una vez obtenida la respuesta habrá que poner en práctica la habilidad de adaptarse al nuevo entorno dejando de ser lo que se es para ser lo que el mercado necesite.

Por otra parte, un proceso innovador debe luchar en contra los conflictos que surgen por falta de comunicación eficaz, que en última instancia se manifiestan como una pérdida de confianza, tanto en forma interna como externa a la PyME. Es notable la poca conciencia que se tiene de la gravedad de los problemas surgidos de la mala interpretación de los mensajes de los demás. En especial por ser el medio más importante por el cual se transmite la confianza.

De acuerdo con lo que hemos presentado todo comienza con un cambio de actitud, la que se convierte en la fuerza necesaria para iniciar el proceso de cambio. Dicha actitud requiere de un medio para llegar a los colaboradores y a través de estos a los clientes e instituciones de crédito, es la comunicación.

Si el contenido del mensaje es sincero y respaldado por toda la PyME, lo cual se logra si y sólo si los colaboradores se han constituido en apóstoles de la causa PyME, la confianza comienza a florecer y se constituye en forma lenta pero segura en la base para cualquier emprendimiento.

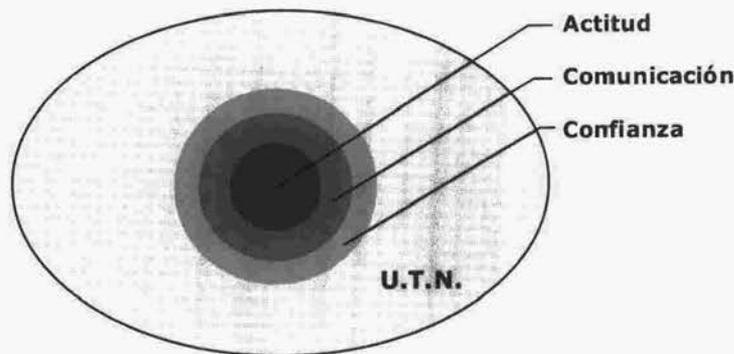


Figura 5. Esquema para implementar el cambio

Pero todo esto no será posible si no existe un espacio que haga de caldo de cultivo a estas tres componentes, un espacio que tenga como características más importantes el compromiso con:

- los trabajadores,
- el conocimiento como base para un crecimiento firme,
- la causa PyME,
- las economías regionales,
- la Argentina.

En definitiva, es la propuesta del presente trabajo que sea la Universidad Tecnológica Nacional quien reciba y apoye el desarrollo de la actividad PyME en la Argentina.

Notas

(1) GUT METAL SRL . Santa Rosa 4685, Florida Oeste, Buenos Aires, Argentina.
Tel.: (5411) 4709-1500. E-mail: gutmetal@lvd.com.ar; www.gutmetal.com

Referencias

- FIEL (1996) Las pequeñas y medianas Empresas en la Argentina, Fundación Investigaciones Económicas Latinoamericanas, Argentina
- PORTER M. (1990) Ventaja competitiva de las naciones CECSA
- MOORI-KOENIG V; YOGUEL G. (1998) El desarrollo de capacidades innovativas de las firmas en un medio de escaso desarrollo del sistema local de innovación. Documento de trabajo Nro 9 UNGS, Argentina.
- BOSCHERINI F; LOPEZ M.; YOGUEL G. (1998) Sistemas locales y el desarrollo de la capacidad innovativa de las firmas: Un instrumento de captación aplicado al caso de Rafaela Documento de trabajo Nro 10 UNGS, Argentina.

Ingeniería Cardiovascular: Modelización de la Pared Arterial y su Aplicación al Diagnóstico no Invasivo de Arteropatías

R. L. Armentano, S. Graf, F. M. Pessana, D. Craiem, D. Barral, M. Risk

Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Buenos Aires,
Medrano 951 (C1179AAQ)
Buenos Aires, República Argentina.

Universidad Favaloro, Facultad de Ingeniería Ciencias Exactas y Naturales, Belgrano 1723.
Buenos Aires, República Argentina.
E-mail: armen@favaloro.edu.ar

Resumen

La Ingeniería Cardiovascular integra elementos de biología, ingeniería, matemática y física para describir y comprender el sistema cardiovascular. La utilización de la modelización matemática, y su validación en estudios con animales conscientes, constituye una herramienta indispensable para una mejor comprensión de la génesis de las enfermedades cardiovasculares. En este trabajo se presentan las bases para la modelización de la pared arterial a partir de datos obtenidos en animales conscientes, así como su abordaje a la clínica mediante la utilización de métodos no invasivos.

Abstract

Cardiovascular Engineering brings together elements of biology, engineering, mathematics and physics to describe and understand the cardiovascular system. The use of mathematical modeling, and their validation in conscious animals studies, constitutes an essential tool for a better understanding of the genesis of cardiovascular diseases. In this work the basis for the arterial wall modeling is presented, sustained on measurements extracted from conscious animals. Furthermore, a clinical approach is described introducing original non invasive methods.

Introducción

Se puede clasificar a los modelos en dos grandes categorías: los modelos de representación y los modelos de conocimiento. En los primeros, el sistema estudiado es abordado como una caja negra donde solamente el comportamiento entrada-salida se considera interesante. Por el contrario, los modelos de conocimiento son elaborados a partir de consideraciones físicas donde se hacen intervenir las leyes de la física y donde los parámetros del modelo tienen ahora un significado físico preciso. Los modelos matemáticos así elaborados pueden ser utilizados por el clínico como apoyo al diagnóstico y para prever las reacciones del paciente a ciertos estímulos.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar los últimos pasos en la modelización de la pared de las arterias a partir de datos obtenidos en animales conscientes. Se utilizará un modelo de conocimiento donde se simulará el comportamiento reológico de sus parámetros en el dominio temporal. Seguidamente se presentarán las bases para trasladar esta modelización al abordaje clínico utilizando métodos enteramente no invasivos.

Investigación Básica Experimental

La carga hidráulica presentada por el sistema circulatorio al ventrículo izquierdo está compuesta por tres componentes principales: la resistencia vascular sistémica, la elasticidad y la onda reflejada (Nichols y colaboradores, 1987). Aunque la carga arterial ejerce el mayor efecto sobre la eyección ventricular, un incremento de la elasticidad arterial podría resultar en una pérdida en el acoplamiento óptimo del corazón a las arterias concomitante con una utilización menos eficiente de la energía entregada por el ventrículo izquierdo (Fitchett, 1991). En particular una disminución en la capacitancia del sistema arterial podría incrementar la presión sistólica y crear una carga extra al corazón (Simon and Levenson, 1987).

Tanto la resistencia periférica, como la elasticidad y la onda reflejada presentes en la circulación están gobernadas por complejos procesos reológicos en los cuales la física de la pared de las arterias, de la sangre y de los fenómenos hemodinámicos que tienen lugar en la interfase entre continente y contenido juegan un rol primordial.

La aorta y las grandes arterias constituyen un filtro hidráulico pasabajos cuya función principal es amortiguar las oscilaciones del flujo sanguíneo con el fin de nutrir con un régimen estacionario a los tejidos. Las propiedades mecánicas de la pared arterial son preponderantemente viscoelásticas, siendo su inercia un factor generalmente despreciable en el análisis de la dinámica circulatoria. La elasticidad arterial total es ejercida por componentes pasivos (fibras de elastina y colágeno) y componentes activos (células de músculo liso vascular). La función de las fibras de elastina y colágeno es mantener una tensión estable contra la presión transmural presente en el vaso (Burton, 1972). La contribución individual de las fibras de elastina y colágeno a la elasticidad total ha sido completamente caracterizada en animales conscientes normales y en diversas arteriopatías en trabajos anteriores (Armentano y colaboradores, 1991a, Cabrera Fischer y colaboradores, 1991). En estos estudios el módulo elástico de la pared arterial fue descompuesto en el correspondiente a las fibras de elastina (E_E), el módulo elástico de las fibras de colágeno (E_C) y el reclutamiento de fibras de colágeno (f_C) que soportan la tensión parietal a un dado nivel de presión transmural basado en el modelo de dos resortes en para-

lelo (Armentano y colaboradores, 1991a). La contribución elástica del músculo liso vascular a la elasticidad de las arterias de animales conscientes fue modelizada usando un modelo de Maxwell modificado de tres elementos, quien además toma en cuenta a la elastina y al colágeno (Figura 1). Consiste en un elemento contráctil (CE) que se comporta como un simple elemento viscoso que en reposo no ofrece resistencia al estiramiento, un resorte puramente elástico (SEC) acoplado en serie con el CE y un resorte en paralelo (PEC) el cual representa la conducta elástica de la pared arterial cuando el músculo liso está relajado o bajo tono vasomotor normal donde su conducta elástica es despreciable (Barrera y colaboradores, 1993). Este enfoque ha permitido una completa evaluación del aporte elástico de los principales componentes estructurales de la pared aórtica.

Sin embargo, las contribuciones viscosas e inerciales a la mecánica de la pared aórtica, evidenciada por la histéresis presente en la relación tensión-deformación todavía no han sido estudiadas extensamente (Milnor, 1982; Bauer, 1984). Por otro lado una de las tareas más importantes en la biomecánica es el establecimiento de las relaciones matemáticas entre las tensiones (y esfuerzos de corte) y las variables dinámicas involucradas en los cambios de las dimensiones espaciales de una sustancia sometida a deformaciones, lo cual recibe el nombre de ecuación constitutiva (Bauer, 1984; Fung, 1981). En los últimos años se nota la necesidad de desarrollar la ecuación constitutiva del músculo liso, debido a la importancia que conlleva tal propuesta para analizar la función de diferentes órganos y a que poco se conoce al respecto en condiciones de fisiología integrativa, es decir algo más allá del preparado *in vitro* (Fung, 1981; Armentano y colaboradores, 1995).

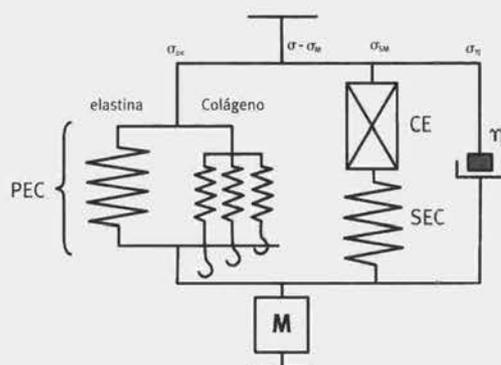


Figura 1. Representación esquemática de un modelo de Maxwell modificado. SEC: Componente elástico serie. PEC: Componente elástico paralelo. CE: Elemento contráctil. El reclutamiento de fibras de colágeno en función del estiramiento queda explicitado utilizando el modelo de resortes desconectados de Wiederhielm (Wiederhielm, 1965). Las fibras de colágeno están representadas por el número de resortes que se enganchan a diferentes grados de extensión, permitiendo así simular su conducta elástica. M representa el elemento inercial mientras que η la viscosidad parietal.

Para ir aproximándose al desarrollo de la ecuación constitutiva se debe completar el primer paso ya evidenciado anteriormente como lo es la determinación de la relación tensión(σ)-deformación(ϵ) elástica pura. La tensión total generada por la pared para oponerse al estiramiento se atribuye comúnmente a los efectos combinados de la elasticidad, la viscosidad y la inercia de la pared arterial. Bauer (Bauer, 1984) ha desarrollado un procedimiento que subdivide la tensión parietal en tres términos, dependiendo el primero de e , el segundo de la primera derivada de e (velocidad), y el tercero de la segunda derivada de e (aceleración):

$$\sigma = E \cdot \varepsilon + \eta \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} + M \frac{d^2\varepsilon}{dt^2} = \sigma_{\text{elástico}} + \sigma_{\text{viscoso}} + \sigma_{\text{inercial}} \quad (1)$$

donde E, η y M son los módulos elástico, viscoso e inercial respectivamente.

El primer término es la tensión elástica, el segundo la viscosa y el tercero la inercial. Por definición la relación tensión-deformación elástica pura se desarrolla siguiendo el mismo lugar geométrico ya sea para aumentos en la deformación como para la disminución, por lo tanto en este diagrama el lazo de histéresis no aparece. Bajo tales bases hemos desarrollado un algoritmo para encontrar la relación elástica pura, sustrayendo las tensiones viscosas e inerciales hasta hallar un valor óptimo utilizando el criterio de la desaparición del lazo de histéresis y se desarrolla a partir de la ecuación 1. En un primer paso, M fue considerado nulo y se incrementaron los valores de η desde cero hasta un valor en el cual la superficie de la relación tensión-deformación encuentra un mínimo sin alterar el sentido horario de circulación. Se fija ese valor de viscosidad y se comienza a incrementar M hasta lograr la desaparición total del lazo de histéresis. El procedimiento anteriormente descrito se ha graficado en la figura 2.

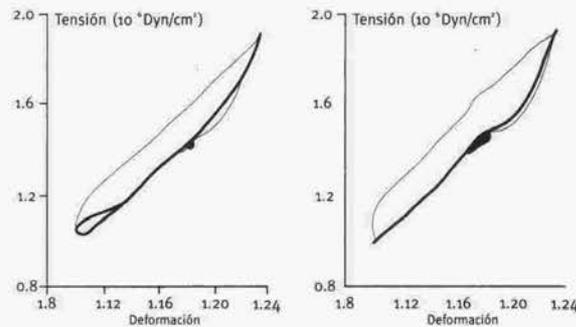


Figura 2. Determinación de la relación tensión-deformación elástica pura. La relación tensión-deformación aórtica (línea fina) involucra las propiedades elásticas, viscosas e inerciales conformando un lazo de histéresis. Izquierda: Mínimo valor de superficie encontrada mediante la sustracción viscosa (línea gruesa). Obsérvese el área remanente correspondiente al comienzo del rulo. Derecha: Incrementos ulteriores del módulo inercial producen la desaparición total del lazo de histéresis. La relación elástica pura (línea gruesa) es coincidente con la relación tensión-deformación diastólica.

Se ha formulado la ecuación constitutiva de la pared arterial en animales conscientes y crónicamente instrumentados para la caracterización total de la mecánica parietal utilizando el modelo descrito en la Figura 1 y los coeficientes de la dinámica parietal que surgen de aplicar el procedimiento para obtener la relación elástica pura. Esta ecuación tomará en cuenta la respuesta elástica de las fibras de elastina (σ_E), del colágeno (σ_C) y del músculo liso (σ_{SM}), y la conducta viscosa (σ_h) e inercial (σ_M) de la pared aórtica. La tensión total desarrollada por la pared para resistir el estiramiento está gobernada por la ecuación siguiente (Armentano y colaboradores, 1995):

$$\sigma = \sigma_E + \sigma_C + \sigma_{SM} + \sigma_h + \sigma_M$$

$$\sigma = E_E \cdot \varepsilon + E_C \cdot f_C \cdot \varepsilon + E_{SM} \cdot f_A + \varepsilon + \eta \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} + M \cdot \frac{d^2\varepsilon}{dt^2}$$

El primer término caracteriza la conducta elástica de las fibras de elastina, mientras que el segundo representa la conducta no lineal de las fibras de colágeno. Dichos términos toman en cuenta la conducta pasiva parietal

(PEC). El tercero existe sólo bajo activación del músculo liso y toma una forma similar al del colágeno, pero en este caso E_{SM} es el módulo del músculo liso en máxima activación y f_A es una función no lineal representada por la morfología típica de la curva de activación del músculo liso. Los términos restantes (η y M) conforman la conducta dinámica de la pared arterial y son responsables del lazo de histéresis.

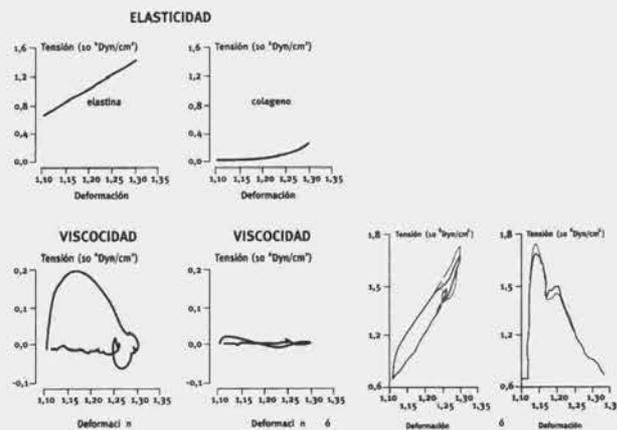


Figura 3. Contribución individual de las propiedades elásticas, viscosas e inerciales a la conducta mecánica de la pared arterial en un latido cardíaco, simulada a partir de la ecuación constitutiva de la pared y tomando como entrada la deformación medida en un animal en situación control (sin el músculo liso activado). Izquierda: Comparación entre la relación tensión-deformación medida (trazo fino) y simulada (trazo grueso) en un animal en situación control. Derecha: Curvas temporales de la tensión parietal medida (trazo fino) y simulada (trazo grueso)

Como se desprende de la Figura 3, la conducta mecánica de la pared arterial es esencialmente viscoelástica. Es interesante destacar que bajo activación del músculo liso por fenilefrina ($5\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$) además de aumentar la rigidez de la pared arterial, la viscosidad de la pared se incrementa notoriamente (figura 4) sugiriendo que la conducta viscosa refleja el estado de actividad de las células de músculo liso, material viscoso por excelencia (Armentano y colaboradores, 1995). Lo más destacado de esta conducta es que el aumento en viscosidad podría estar relacionado con el aumento en presión (propio de un estado generalizado de vasoconstricción mediado por la activación del músculo liso) como cualquier material de uso industrial. Pero se ha demostrado que la viscosidad es independiente de los cambios en presión y sólo aumenta por cambios en las fibras de músculo liso (Barra y colaboradores, 1997; Armentano y colaboradores, 1996). Si esto también tuviera lugar en los animales hipertensos podríamos estar frente a uno de los métodos de diagnóstico más poderosos y sutiles para la discriminación de las alteraciones musculares propias de la hipertensión, como lo son la hiperplasia y la hipertrofia. Esto ha sido publicado recientemente por nuestro grupo en un estudio sobre las alteraciones de la viscosidad parietal en animales con hipertensión renovascular y su reversión con distintas terapias antihipertensivas (Barra y colaboradores, 1997). También se demuestra que dichas alteraciones no presentan dependencia en presión y son propias del comportamiento intrínseco del músculo liso (Armentano y colaboradores, 1996). El siguiente paso fue el desarrollo de las herramientas de diagnóstico no-invasivo para que estos conceptos pudieran ser llevados al estudio de humanos, como se verá en los próximos párrafos.

En resumen, lo expuesto hasta este punto sería sólo uno de los grandes temas de la dinámica arterial, pero de gran trascendencia teórica, experimental y como vamos a ver, clínica. Pero además del comportamiento funcional de la pared, nos encontraremos con alteraciones morfológicas de gran ayuda al diagnóstico.

Sin embargo antes de pasar a dichos procedimientos no deben olvidarse dos grandes componentes de la

dinámica del sistema arterial: la sangre y su interrelación con la pared. La sangre porque al ser un líquido heterogéneo y no newtoniano es de difícil abordaje, pero como contrapartida conlleva información de inmensa utilidad. La viscosidad sanguínea depende de las condiciones de la velocidad del flujo sanguíneo la cual va a depender fundamentalmente de la ubicación del eritrocito dentro del eje transversal del vaso. El conjunto de las velocidades de desplazamiento da un lugar geométrico definido como perfil de velocidades.

Este perfil presenta tensiones y deformaciones por cizallamiento contra la pared.

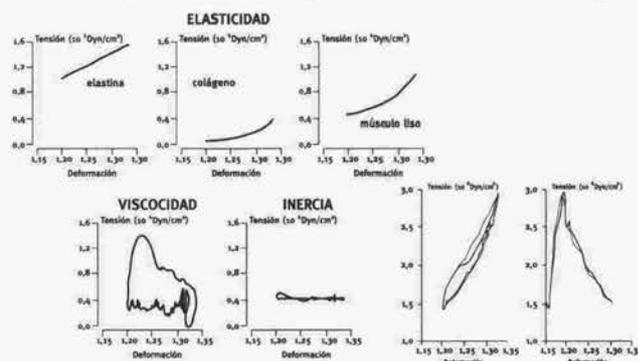


Figura 4. Contribución individual de las propiedades elásticas, viscosas e inerciales a la conducta mecánica de la pared arterial en un latido cardíaco, simulada a partir de la ecuación constitutiva de la pared y tomando como entrada la deformación medida en un animal bajo administración de fenilefrina (músculo liso activado). Izquierda: Comparación entre la relación tensión-deformación medida (trazo fino) y simulada (trazo grueso) en un animal bajo administración de fenilefrina. Derecha: Curvas temporales de la tensión parietal medida (trazo fino) y simulada (trazo grueso).

La deformación de tal perfil en las bifurcaciones arteriales suele asignarse como una de las causas principales de desarrollo de las placas de ateroma. De igual forma, la tensión de cizallamiento contra la pared arterial actuaría sobre el endotelio, el cual a través de mediadores químicos enviaría la información sobre el contenido al continente; esto cerraría un proceso de control interno en ambos componentes. La viscosidad sanguínea, altamente dependiente del hematocrito, juega un papel preponderante en la relación entre las tensiones y las deformaciones por cizallamiento en la interfase pared fluido y dentro del vaso. Para ver la influencia del endotelio sobre las propiedades mecánicas de la pared arterial, se ha realizado un estudio en 7 arterias subclavias con y sin endotelio, en condiciones idénticas de frecuencia (80 latidos por minuto), viscosidad sanguínea (3 mPa.s) y presión (80 mmHg). Bajo estas condiciones, se demuestra que la ausencia de endotelio genera un aumento significativo ($p < 0.05$) de la elasticidad arterial (3.2 ± 0.4 a $4.6 \pm 0.6 \cdot 10^5$ Dyn cm^{-2}) y de la viscosidad parietal (72 ± 22 a $90 \pm 20 \cdot 10^5$ Dyn.s cm^{-2}). Este comportamiento de rigidificación de la pared arterial se observa en la Figura 5.

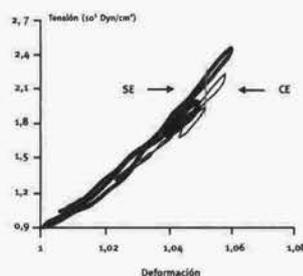


Figura 5. Diagrama Tensión-Deformación elástica pura de una arteria subclavia en presencia (CE) y ausencia (SE) de endotelio

Finalmente, puede establecerse que la presencia de endotelio produce una disminución de la viscosidad y elasticidad arterial, mediadas posiblemente por la liberación de sustancias vasoactivas presentes en el endotelio (Megnier, 1998).

Abordaje clínico

A) Análisis morfológico no invasivo de la la pared arterial: Determinación del espesor intima media (IMT) y del diámetro luminal

Recientes hallazgos de la progresión de la aterosclerosis en arterias humanas, sugieren que cambios en el espesor del complejo íntima-media de la pared arterial podrían preceder al desarrollo de lesiones ateroscleróticas (Salonen y Salonen, 1993).

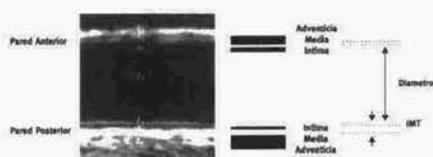


Figura 6. Imagen ecográfica de una arteria carótida. Obsérvese la doble línea en la pared posterior y su correlato anatómico.

Para la evaluación no-invasiva del espesor íntima-media, se utilizan las imágenes ecográficas en modo B de las arterias a estudiar. Para ello se examinan las arterias con un transductor de 7.5 MHz hasta visualizar dos líneas paralelas en la pared posterior, correspondientes a las interfases lumen-íntima y media-adventicia (Figura 6).

Una vez que dichas líneas paralelas son claramente visibles a lo largo de por lo menos 1 cm, se congela la imagen de fin de diástole (Onda R del electrocardiograma) y se la transfiere mediante una placa de adquisición de video a una computadora (IOTEC System), donde es almacenada y posteriormente analizada.

El análisis es realizado en forma automática por un software basado en el análisis de la densidad de los niveles de gris y en algoritmos específicos de reconocimiento tisular. A modo de ejemplo, la figura 7 muestra una línea vertical de la imagen digital de la figura 6, en la que puede observarse el perfil de los tonos de gris (en una escala de 0 a 255) y su derivada. Ubicando los máximos de la derivada es posible localizar las interfases íntima-lumen (I-L), lumen-íntima (L-I) y media-adventicia (M-A). De esta manera, el diámetro luminal queda definido como la distancia entre I-L y L-I, mientras que el IMT como la distancia que separa a L-I de M-A. Extendiendo el cálculo anterior a toda la imagen, se obtiene un valor promedio del espesor y del diámetro.

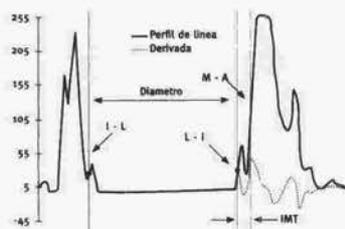


Figura 7. Perfil y derivada de una línea vertical de la imagen digital de la arteria carótida, utilizada para la identificación automática de las interfases íntima-lumen, lumen-íntima y media-adventicia.

Recientes estudios de IMT en arterias carótidas y femorales fueron realizados en presencia y ausencia de placas con el fin de detectar cambios estructurales precoces en hipertensos asintomáticos. Los estudios fueron realizados en 53 sujetos hipertensos nunca tratados (HTA) y en 133 normotensos (NTA) de similar edad, nivel de colesterol e historia de fumador (Garipey y colaboradores, 1996). El valor del IMT en la arteria carótida fue de 0.60 ± 0.10 mm (HTA) vs 0.53 ± 0.08 mm (NTA, $p < 0.01$) y en la arteria femoral 0.64 ± 0.18 mm (HTA) vs 0.56 ± 0.13 mm (NTA, $p < 0.01$). El aumento del IMT en los pacientes hipertensos constituye un cambio estructural difuso, el cual afecta tanto a la parte superior como la parte inferior del cuerpo siendo este proceso más homogéneo que la presencia de placas. Edad y presión sistólica podrían ser los determinantes del aumento en IMT, mientras que múltiples factores de riesgo determinarían la placa. Un mayor IMT estaría asociado al crecimiento vascular durante el proceso hipertensivo (Garipey y colaboradores, 1996).

B) Análisis funcional de la pared arterial: Relación presión diámetro

a) Determinación de la señal temporal de diámetro arterial de un latido promedio

Para determinar el diámetro instantáneo intraluminal de las arterias, mediante el ecógrafo se visualiza la arteria a estudiar, y simultáneamente se digitalizan las imágenes con una computadora. Una vez digitalizada una secuencia de imágenes, el software, utilizando un algoritmo de reconocimiento de bordes análogo al del IMT, calcula la curva de diámetro de un latido promedio, y lo almacena en un archivo de texto (Figura 8).

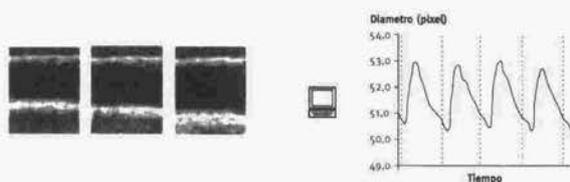


Figura 8. Determinación de la señal temporal de diámetro. A partir de una secuencia de imágenes ecográficas, el software determina el movimiento de la pared anterior y posterior, así como la curva de diámetro resultante, a lo largo de varios ciclos cardíacos.

b) Determinación de la señal temporal de presión

La señal temporal de presión se mide utilizando un sensor tonómetro de tipo lápiz (Millar Instruments Inc), el cual posee un transductor de presión en uno de sus extremos. Para registrar la señal de presión, se apoya el tonómetro sobre una arteria superficial y se presiona hasta lograr un aplanamiento de la arteria. En ese momento, la presión medida será aproximadamente la intraarterial. Dicha señal es luego amplificada y digitalizada mediante una PC. Para calibrarla, en el momento de la digitalización se registran también mediante un esfigmomanómetro semiautomático (Dinamap Critikon), la presión braquial media y diastólica del paciente. Estos valores se asignan al valor mínimo y medio de la señal respectivamente. A partir de la señal tonométrica digitalizada se interpola y se promedian los valores correspondientes a cada latido, de manera de obtener la curva de presión de un latido promedio.

c) Determinación de la viscosidad parietal y de la relación elástica pura

Como paso previo a la obtención de la relación presión-diámetro, la señal de diámetro promedio es ingresada a la PC. Luego es interpolada, de manera tal de contar con la misma cantidad de puntos en ambas señales. Finalmente ambas señales se grafican en un gráfico X-Y, y se construye el rulo presión-diámetro.

El cálculo de la relación diámetro-presión elástica pura se obtiene mediante el método de extracción de la parte viscosa, es decir eliminando la parte de la presión que es proporcional a la derivada primera del diámetro respecto del tiempo:

$$P_{\text{elast}} = P_{\text{total}} - \eta \frac{dD}{dt}$$

Para ello se va incrementando la variable η en la ecuación anterior, hasta obtener un sólo camino de ida y de vuelta en el rulo. El valor final de η será un índice de la viscosidad parietal. Una vez obtenida tal relación los datos son ajustados a una función logarítmica de la forma:

$$D = \alpha + \beta \cdot \ln P$$

La compliance arterial se puede calcular derivando el diámetro con respecto a la presión a través de la relación presión-diámetro anteriormente modelizada. La compliance resultante a un nivel correspondiente a la presión media es la denominada *compliance efectiva* (C_{efe}) que es efectivamente la que participa en la oposición al flujo ventricular.

Sin embargo, a menos que la presión sanguínea sea mantenida en un mismo nivel, es imposible conocer si los cambios desarrollados en la compliance son consecuencia directa de la elevación de la presión o de los efectos intrínsecos de la hipertensión sobre la pared arterial (Simon and Levenson, 1991). Es por ello que para poder discriminar si las alteraciones son específicamente parietales o presión dependiente, las comparaciones entre grupos hipertensos (HTA) y normotensos (NTA), deben llevarse a cabo evaluando la compliance isobáricamente. Definiendo una presión isobárica (P_i) como el promedio de los valores medios de presiones en los grupos hipertensos y normal, es decir:

$$P_i = \frac{P_{\text{mHTA}} + P_{\text{mNTA}}}{2}$$

la compliance isobárica (C_{iso}) será la compliance correspondiente a P_i (Figura 9). Las alteraciones encontradas en dicha compliance inducidas por la hipertensión actuarían a modo de un indicador de los cambios intrínsecos parietales.

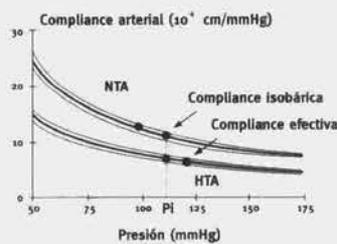


Figura 9. Curvas de compliance vs presión extrapoladas a niveles de presión entre 50 y 175 mmHg en HTA y NTA.

Recientemente fueron estudiadas arterias carótidas y femorales de 16 pacientes hipertensos y 14 normotensos con el fin de evaluar sus propiedades viscoelásticas (Armentano y colaboradores, 1995). Los resultados obtenidos son presentados en la tabla 1. El aumento en la viscosidad parietal observada en ambas arterias de sujetos hipertensos puede deberse a la hipertrofia o hiperplasia muscular inducida por la hipertensión, teniendo en cuenta que el músculo liso es el principal responsable del comportamiento viscoso de la pared. La compliance efectiva presentada por el sistema arterial a la presión prevalente está disminuida en la hipertensión en los dos tipos de arterias. Obviamente, al estar sometidas a mayores niveles de presión ambas arterias presentan una rigidez aumentada. Pero ahora la pregunta radica en dilucidar si tales cambios son debidos con exclusividad al efecto presivo o existen además alteraciones parietales asociadas. Éstos solamente

son encontrados en arterias femorales, indicando que dichas arterias son blanco de la hipertensión mientras que las alteraciones elásticas carotídeas serían fácilmente reversibles dado que al bajar la presión podrían revertirse tales alteraciones.

Tabla 1. Comparación de parámetros viscoelásticos entre normotensos (nta) e hipertensos (hta)

	NTA (N=16)	HTA (N=14)
Carótida		
C_{el}^{ca} , 10^{-4} cm/mmHg	10.49±2.28	8.24±3.47 ^a
C_{iso}^{ca} , 10^{-4} cm/mmHg	9.16±1.94	9.23±3.79
η , 10^3 mmHg.s/mm	1.95±1.65	3.40±1.66 ^b
Femoral		
C_{el}^{fe} , 10^{-4} cm/mmHg	12.03±2.38 ^d	6.24±1.54 ^{b,c}
C_{iso}^{fe} , 10^{-4} cm/mmHg	10.49±1.98 ^d	7.02±1.80 ^{b,c}
η , 10^3 mmHg.s/mm,	1.97±0.80	3.64±1.51 ^b

Valores en media ± DS; a $p < 0.05$, b $p < 0.001$, prueba t no apareada entre los grupos Normotenso e Hipertenso; c $p < 0.05$, d $p < 0.01$, prueba t apareada entre las mediciones de carótida y femoral.

Discusión

Los modelos matemáticos son útiles en la formalización de conceptos y en la evaluación de los datos y pueden ser muy útiles en la predicción de la respuesta de un sistema biológico a un agente externo o droga. Por otro lado, los modelos animales son absolutamente esenciales y no pueden ser despreciados puesto que ellos son la más completa analogía y lo más reproducible en lo que respecta al humano. Entre las ventajas que presenta los modelos animales puede destacarse que a) sirven para confirmar o rechazar hipótesis sobre sistemas complejos, b) revelan contradicciones o parcialidad en los datos obtenidos, c) permiten la predicción de la performance de un sistema no probado en la práctica, d) pueden predecir o suministrar valores inaccesibles en la experimentación y e) pueden sugerir la existencia de un nuevo fenómeno

Entre las desventajas pueden considerarse las siguientes: a) la selección del modelo puede no ser la adecuada, b) modelos incorrectos pueden ajustar a datos limitados, llevando a conclusiones erróneas, c) modelos simples son fáciles de manejar, pero tal vez se requiera un modelo más complejo y d) simulaciones realísticas necesitan un gran número de variables, las cuales pueden ser difíciles de determinar.

En resumen, los modelos son indispensables en la investigación biomédica. El progreso en la guerra contra las enfermedades depende no solo de un flujo estable de hallazgos provenientes de modelos, sino además de investigaciones basadas en una variedad y más frecuentemente en una combinación de modelos

Las bases teóricas que sustentan la dinámica del sistema arterial permiten desarrollar una serie de herramientas de apoyo al diagnóstico y al tratamiento, debidamente fundamentadas y de fácil acceso al médico especialista. Éstas han sido y están siendo extensamente utilizadas en nuestro país y en varios centros de Europa. El nexo más importante entre la teoría física y la aplicación clínica ha sido sin duda la experimentación animal como un banco de pruebas viviente de los procedimientos anteriormente desarrollados.

Se ha realizado la validación experimental de la ecuación constitutiva (Armentano y colaboradores, 1995) y su contraste en tubos de látex con módulo de elasticidad patrón en la cual se demostró que las ecuaciones

proveniente de la física podrían determinar con sorprendente aproximación los valores de elasticidad determinada en el proceso de fabricación (Armentano, 1999). Asimismo, se ha realizado la validación de distintos modelos matemáticos para la relación presión-diámetro, por ejemplo el logarítmico utilizado en humanos en arterias carótidas y femorales, previo paso por arterias similares de animales crónicamente instrumentados (Armentano y colaboradores, 1991b). Por último, se validaron los algoritmos de tratamiento de imágenes para la determinación del espesor íntima-media y del diámetro instantáneo utilizando el contraste con un "fantasma" de lucite y con arterias medidas por sonomicrometría en animales conscientes (Graf y colaboradores, 1999).

Quedan aún varias incógnitas a resolver en la cuales nos encontramos abocados en este momento. La viscosidad parietal podría llevar información mucho más compleja que la asignada hasta el presente. El músculo liso es el material viscoso por excelencia pero es probable que procesos tales como la proliferación de células musculares y su aumento en dimensión sean mejor explicados por el módulo de inercia de la pared. Se ha sugerido recientemente que existe una muy buena correlación entre el espesor del complejo íntima-media y la viscosidad parietal en la arteria carótida, relacionando por primera vez parámetros morfológicos con funcionales de gran impacto en estudios clínicos (Armentano y colaboradores, 1998). En esa dirección debe además, llevarse a la clínica para saber si las terapias antihipertensivas que producen la reversión de tales fenómenos también reducen el módulo de viscosidad o en su defecto el de inercia, como ya ha sido evidenciado en animales (Barra y colaboradores, 1997).

Por último, posteriores estudios serán necesarios para caracterizar el contenido y sus componentes tales como plasma, eritrocitos, fibrinógeno y los perfiles de velocidad asociados, con el objeto de ver si pueden desarrollarse métodos de identificación de procesos incipientes de aterosclerosis. La relación entre estos procesos y las propiedades mecánicas parietales traerá abundante información sobre la dinámica de las células endoteliales en un entorno integrativo como lo son los animales crónicamente instrumentados y posteriormente en pacientes hipertensos, hipercolesterolémicos, diabéticos y en todos aquellos que presenten factores de riesgo cardiovasculares.

Referencias Bibliográficas y Documentales

- ARMENTANO, R. L.; SIMON A.; LEVENSON J.; CHAU N. P.; MEGIEN J.L.; PICHEL R. H. (1991b). Hypertension. 1991, 18: 657-664.
- ARMENTANO R. L.; LEVENSON J.; BARRA J. G.; CABRERA FISCHER E. I.; BREITBART G. J.; PICHEL R. H.; SIMON A. (1991a). Am J Physiol 1991a, 260: H1870-H1877.
- ARMENTANO R. L.; MEGNIEN LJ; SIMON A.; BELLENFANT F; BARRA J. G.; LEVENSON J. (1995) Hypertension 1995, 26: 48-54.
- ARMENTANO R. L.; BARRA J. G.; LEVENSON J.; SIMON A.; PICHEL R. H. (1995). Circ Res 1995, 76: 468-478.
- ARMENTANO R. L.; BARRA J. G.; SIMON A.; PICHEL R. H.; LEVENSON J. (1996) 16th Scientific Meeting of the International Society of Hypertension. Glasgow, UK. 1996.
- ARMENTANO R. L.; GRAF A.; BARRA J. G.; GERARDO VELIKOVSKY G; BAGLIVO H.; SANCHEZ R.; SIMON A.; PICHEL R. H.; LEVENSON J. (1998) Hypertension 31 (part 2): 534-539. 1998
- ARMENTANO R. L. (1999) Détermination in vivo des caractéristiques hémodynamiques artérielles, application à l'hypertension. Université de Paris VII, Denis Diderot. Doctorat de Biomécanique: Mécanique des Systèmes Biologiques. Director: Dr. Patrice Flaud. Laboratoire de Biorheologie et Hydrodynamique Physicochimique. CNRS. URA 343. Paris, Francia. 1999.

- BARRA J. G.; ARMENTANO R. L.; LEVENSON J.; CABRERA FISCHER E. I.; PICHEL R. H.; SIMON A. (1993) *Circ Res* 1993, 73: 1040-1050.
- BARRA J. G.; LEVENSON J.; ARMENTANO R. L.; CABRERA FISCHER E. I.; PICHEL R. H.; SIMON A. C (1997) *Am J Physiol* 1997, 272: H859-H868.
- BAUER R. D. (1984) *Biorheology* 1984, Suppl I: 159-167.
- BURTON A. C. (1972) *Physiology and Biophysics of the Circulation*. Chicago: Year Book, 1972, pp 63-75.
- CABRERA FISCHER E. I.; ARMENTANO R. L.; LEVENSON J.; BARRA J. G.; MORALES M. C.; BREITBART G. J.; PICHEL R. H.; SIMON A.C. (1991) *Circ Res* 1991, 68: 1549-1559.
- FITCHETT D. H. (1991) *Am J Physiol* 1991, 261: H1026-H1033.
- FUNG (1981) *Biomechanics*. New York: Springer-Verlag, 1981.
- GARIEPY J.; SIMON A.; MASSONNEAU M.; LINHART A.; SEGOND P.; LEVENSON J. (1996) *Am J Hypertens* 1996, 9:126-136
- GRAF A.; GARIEPY J; MASSONEAU M; ARMENTANO R. L.; MANSOUR S; BARRA J. G.; SIMON A.; LEVENSON J. (1999) *Ultrasound in Medicine and Biology*. 1999 Nov, 25(9):1353-63
- MEGNIEN J. L. (1998). Evaluation in vivo des contraintes de cisaillement et des ondes propagatives en hémodynamique artérielle. Université de Paris VII, Denis Diderot. Doctorat de Biomécanique: Mécanique des Systèmes Biologiques. Director: Dr. Patrice Flaud. Laboratoire de Biorhéologie et Hydrodynamique Physicochimique. CNRS. URA 343. Paris, Francia. 1998.
- MILNOR W. K. (1982). *Hemodynamics*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1982: pp 56-96.
- NICHOLS W. W.; O'ROURKE M. F.; AVOLIO A. P.; YAGINUMA T.; MURGO J. P.; PEPINE C. J; CONTI C. R. (1987). Age-related Changes in Left Ventricular Arterial Coupling. In: Yin FCP (Ed), *Ventricular Vascular Coupling: Clinical, Physiological, and Engineering Aspects*. New York: Springer-Verlag, 1987: pp 79-114.
- SALONEN J.; SALONEN R. (1993) *Circulation* 1993, [supl II]: II-56-II-65
- SIMON A.; LEVENSON J. (1987) *Int J Cardiol* 1987, 16: 1-18.
- SIMON A.; LEVENSON J. (1991) *Am J Hypertens* 4: 97-105.
- WIEDERHIELM C. A. (1965). *Fed Proc* 1965, 24: 1075-1084.

Determinación Experimental de Parámetros para el Modelo Matemático de Motores y Generadores de Corriente Continua. Simulación Dinámica del Sistema

A. M. Mariani, E. Ciccolella

Universidad Tecnológica Nacional,
Facultad Regional Buenos Aires,
Medrano 951 (C1179AAQ)
Buenos Aires, República Argentina.
Email: amariani@electron.frba.utn.edu.ar; eciccolella@fra.utn.edu.ar

Resumen

El presente trabajo describe un procedimiento experimental para la determinación de los parámetros que caracterizan el modelo matemático de las máquinas de Corriente Continua. La misma, se realiza con instrumental disponible en la mayoría de los laboratorios. Los ensayos se efectuaron sobre tres tipos diferentes de motores:

- 1) Servomotor para aplicaciones de alto rendimiento.
 - 2) Motor de CC a imán permanente para aplicaciones en lazos de control en general.
 - 3) Motor de CC con campo bobinado para aplicaciones generales de tipo industrial.
- La simulación se realizó utilizando el software Matlab.

La publicación está orientada, al análisis y diseño de controles basados en el modelado matemático y, para ayudar a quienes trabajan en la elaboración de especificaciones en actividades de desarrollo, investigación, enseñanza y, en aplicaciones técnicas e industriales.

Abstract

The present paper describes an experimental procedure to determine the parameters of a mathematical model for DC machines. The tests use standard instrumentations available in most laboratories and were made on three types of motors:

- 1) Servomotor used for applications of high performance.
- 2) Permanent magnet motor used for applications in general control loops.
- 3) Motor with field wended for general applications in the industry.

The simulation of the models was made using MATLAB.

This paper is mainly oriented to the analysis and design of automatic control systems using mathematical models, and for those who write specifications, in undergraduate, and graduate control engineering's courses (specially teaching, research and development), and in technical and industrial applications as well.

Introducción

Los motores de imán permanente son utilizados ampliamente en actuadores eléctricos de alto rendimiento, como así también en servosistemas, mientras que los generadores de imán permanente se utilizan en sistemas de potencia. La Figura 1 ilustra la máquina de corriente continua (CC) a imán permanente que puede utilizarse como motor o generador.

Las relaciones y ecuaciones electromecánicas de la máquina de CC permiten obtener un modelo matemático de la misma. El esquema básico de la máquina que contempla los fenómenos eléctricos y mecánicos se indican en la Figura 2. El esquema indicado reúne las dos posibilidades, que corresponden a la máquina con campo a imán permanente y con campo bobinado.

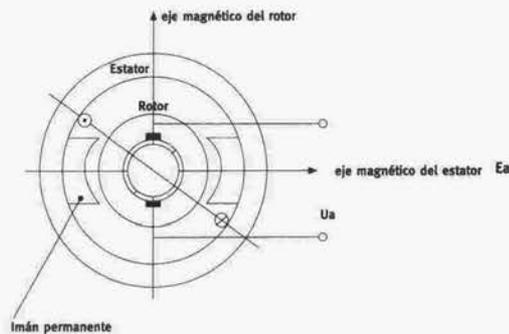


Figura 1.- Representación esquemática de la máquina de CC de imán permanente

Empleando la Leyes de Kirchhoff y Newton, se obtuvieron las ecuaciones diferenciales para la máquina de CC. Supusimos que la susceptibilidad es constante, lo cual implica que el flujo establecido por los polos del imán permanente también es constante. Indicando por K_b la constante de tensión y por K_T la constante de cupla, obtuvimos las siguientes ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento transitorio del bobinado de armadura y la dinámica torsional de la máquina bajo estudio.

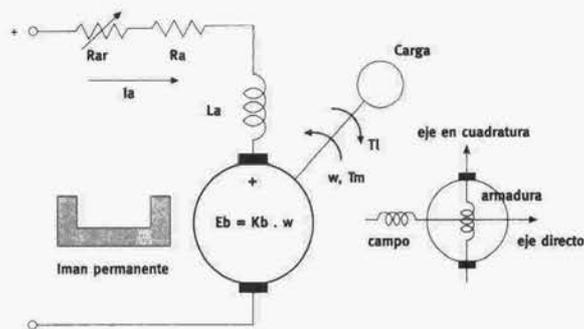


Figura 2.- Diagrama esquemático de la máquina de CC

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{R_a}{L_a} i_a - \frac{K_b}{L_a} \omega + \frac{1}{L_a} e_a \quad (1)$$

$$\frac{d\omega}{dt_m} = \frac{K_T}{J_m} i_a - \frac{B_m}{J_m} \omega - \frac{1}{J} T_L \quad (2)$$

Utilizando la transformada de Laplace en las ecuaciones (1) y (2), y con condiciones iniciales nulas, obtuvimos:

$$s I_a(s) = -\frac{R_a}{L_a} I_a(s) - \frac{K_b}{L_a} \Omega(s) + \frac{1}{L_a} E_a(s) \quad (3)$$

$$s \Omega(s) = \frac{K_T}{J_m} I_a(s) - \frac{B_m}{J_m} \Omega(s) - \frac{1}{J_m} T_L(s) \quad (4)$$

Las ecuaciones (3) y (4) se representan gráficamente en el diagrama en bloques indicado en la Figura 3:

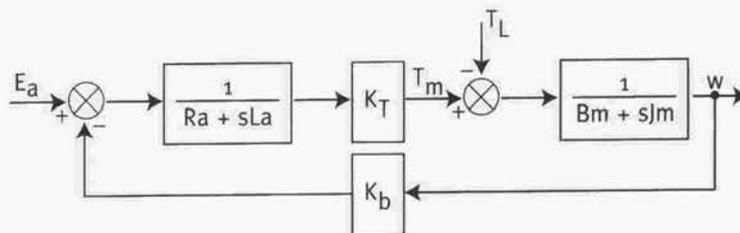


Figura.3. Diagrama de Bloques del motor de CC a imán permanente.

La velocidad angular puede invertirse si la tensión aplicada a la armadura se cambia de polaridad (La dirección del flujo de campo no puede cambiarse, sí este es un imán permanente).

La curva característica cupla- velocidad en régimen permanente del motor de CC,

$$\omega(\infty) = \frac{e_a(\infty) - R_a i_a(\infty)}{K_b} = \frac{e_a(\infty)}{K_b} - \frac{R_a}{K_b^2} T_m(\infty) \quad (5)$$

obedece a la siguiente ecuación [familia de rectas]:

En la figura 4 se representan las curvas cupla-velocidad del motor de CC, de acuerdo a la ecuación (5), incluyendo una posible cupla de carga T_L , como función de la velocidad angular w .

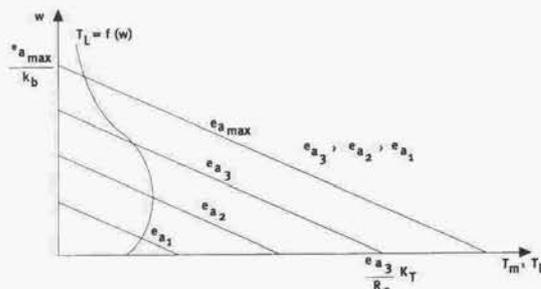


Figura 4.- Característica Cupla – Velocidad del motor de CC

El modelo dinámico del motor de CC puede expresarse también en función de las ecuaciones de estado y de salida (tomando como salidas la velocidad angular y la corriente de armadura), según se indica a continuación.

$$\begin{bmatrix} \frac{di_a}{dt} \\ \frac{d\omega}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{R_a}{L_a} & -\frac{K_b}{L_a} \\ \frac{K_T}{J_m} & -\frac{B_m}{J_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_a} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_a \\ T_L \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_a \\ T_L \end{bmatrix} \quad (7)$$

Sobre la base de las ecuaciones (6) y (7), se puede dibujar el diagrama de estados (simulación) indicado en la figura 5.

Parte Experimental

Los ensayos los realizamos considerando tres tipos de motores de C.C. con diferentes características dinámicas: 1) un motor de imán permanente, 2) un servomotor y, 3) un motor estándar con campo bobinado. Los parámetros que caracterizan a los motores, y representan su modelo matemático, se midieron experimentalmente mediante ensayos simples, y empleando instrumental estándar disponible en la mayoría de los laboratorios para ensayos eléctricos (osciloscopio, amperímetro, voltímetro, tacómetro digital).

En todos los casos utilizamos el Sistema Internacional de Unidades (S.I.U.).

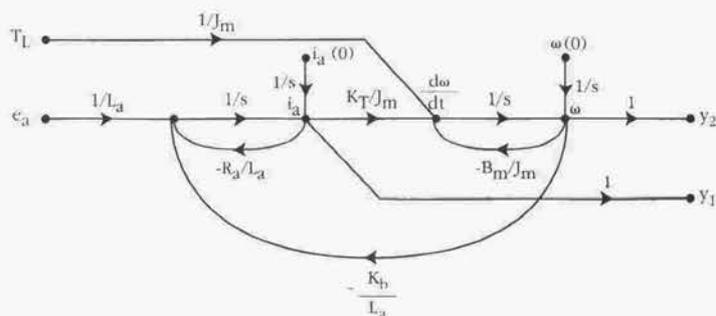


Figura 5. Diagrama de estados (de simulación) para el motor de CC

Ensayo de la máquina a rotor bloqueado ($\omega = 0$).

Con este ensayo se pueden obtener los parámetros del circuito de armadura (R_a y L_a).

Estando el rotor bloqueado y alimentando la armadura con una tensión reducida (para evitar sobrecalentamiento de la máquina), no habrá f.c.e.m., y la corriente está dada por:

$$e_a = R_a + L_a \frac{di_a}{dt} \quad (8)$$

Si aplicamos un escalón de tensión (de amplitud E_{a0}) e integramos la ecuación (8), partiendo de condiciones iniciales nulas, se obtiene:

$$i_a(t) = \frac{E_{a0}}{R_a} (1 - e^{-t/L_a/R_a}) \quad (9)$$

La ecuación (9) representa el crecimiento de la corriente de armadura en las condiciones del ensayo (rotor bloqueado). Colocando una resistencia auxiliar conocida (R_{ar}) en el circuito de armadura, para medir la caída de tensión producida en la misma debida a la corriente $i_a(t)$ y utilizando un osciloscopio de dos canales, se puede registrar el escalón de tensión aplicado y el crecimiento dado por la ecuación (10), como lo muestra la Figura 6.

Del ensayo experimental, midiendo E_{a0} , $i_a(\infty)$, el tiempo en que se alcanza $0,63 i_a(\infty)$ [es decir τ] y conociendo la resistencia R_{ar} se pueden calcular:

$$R_a = \frac{E_{a0} - i_a(\infty) R_{ar}}{i_a(\infty)} \quad (10)$$

$$L_a = \tau (R_a + R_{ar}) \quad (11)$$

Es importante mantener una tensión reducida de armadura (durante el ensayo) para evitar calentamiento excesivo del arrollamiento, ya que R_a es dependiente de la temperatura: [$R_a = R_{a0}(1 + \alpha T)$].

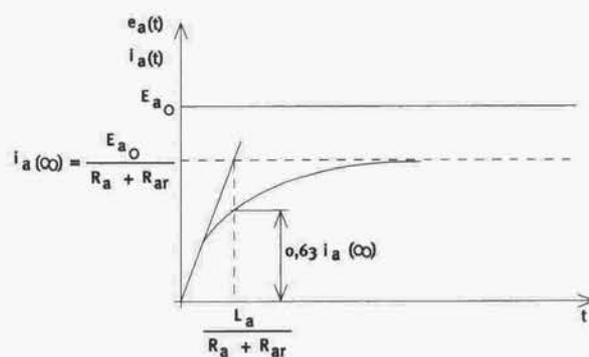


Figura 6. Respuesta del circuito de armadura con rotor bloqueado.

Alternativa para la medición de R_a

La resistencia de armadura (R_a) del motor se puede medir con un puente de buena resolución (p.ej. $0,1\Omega$ Hewlet-Packard, General Radio, etc.). Para ello es conveniente realizar varias mediciones para diferentes posiciones angulares del rotor y luego tomar la media aritmética como valor más razonable para R_a .

Ensayo a rotor libre y en desaceleración

Alimentando el motor con una tensión constante dentro del rango permitido (menor o igual a la nominal), se lo lleva a velocidad angular constante $[\omega(\infty)]$, una vez allí se procede a quitar la excitación E_a . A partir de ese instante la velocidad angular del motor comienza a disminuir de acuerdo a la ecuación diferencial:

$$B_m \omega(\infty) \cdot \omega(t) + J_m \frac{d\omega}{dt} \cdot \omega(t) = 0 \quad (16)$$

Integrando la (16) con las siguientes condiciones de borde (tomaremos como tiempo inicial el instante $t_0=0$):

$$\omega(t) \text{ para } t=0 \rightarrow \omega(0) = \omega_\infty$$

$$\omega(t) \text{ para } t=t_f \rightarrow \omega(t_f) = 0 \quad (17)$$

obtuvimos:

$$\omega(t) = - \frac{B_m}{J_m} \omega_\infty (t - t_f) \quad ; \quad t_0 \leq t \leq t_f \quad (18)$$

Sobre la base de las ecuaciones anteriores, obtuvimos.

$$t_f = \frac{J_m}{B_m} \quad (19)$$

En la Figura 8 se muestra la curva de la velocidad en función del tiempo, obtenida experimentalmente en el ensayo a rotor libre y en desaceleración, quitando la tensión de alimentación de armadura, E_a .

Si en este ensayo se mide el tiempo t_f (mediante un osciloscopio, por ejemplo), se puede determinar el momento de inercia del motor, mediante:

$$J_m = B_m t_f \quad (20)$$

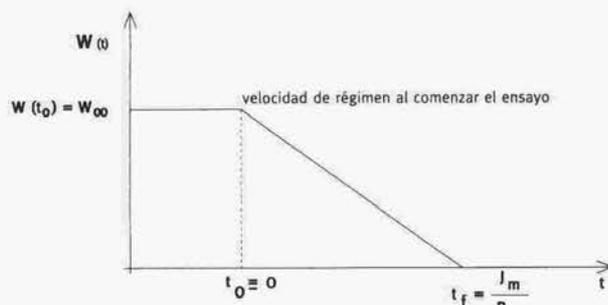


Figura 8. Velocidad en función del tiempo para el ensayo a rotor libre y quitando la excitación E_a .

Simulación dinámica del sistema (SDS) utilizando el modelo matemático de los motores.

Utilizando los parámetros determinados experimentalmente (ver tabla I), se han realizado simulaciones dinámicas empleando el modelo matemático correspondiente a los tres motores mencionados precedentemente. En la Figura 9 se indica, en forma genérica, el diagrama de simulación utilizado. En el mismo se muestran las señales de entrada (tensión E_a , deseada y , cupla T_L como perturbación de carga) y las variables de salida que son de nuestro interés: corriente, I_a y, velocidad w .

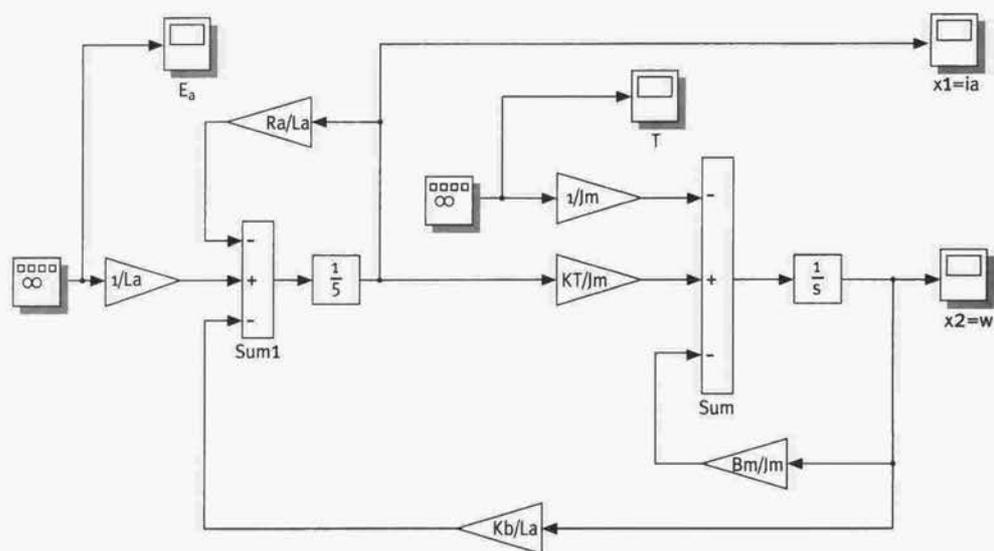


Figura 9. Diagrama de simulación

Resultados

Tabla 1. Parámetros y constantes medidos para los tres tipos de motores

DENOMINACIÓN	SIMB.	SERVOMOTOR	MOTOR A IP	MOTOR IND.
Tensión de armadura	E_a	48 V	90 V	300 V
Momento de Inercia	J_m	$6.3 \cdot 10^{-6} \text{ Kg.m}^2$	$8.49 \cdot 10^{-4} \text{ Kg.m}^2$	0.4 Kg.m^2
Rozamiento viscoso	B_m	$1.05 \cdot 10^{-4} \text{ Nmseg}$	0.004 Nmseg	0.05 Nmseg
Resistencia de armadura	R_a	0.89Ω	5.3Ω	1Ω
Inductancia de armadura	L_a	0.175 mH	19.4 mH	50 mH
Cte. De Cupla	KT	0.09 N.m/A	0.452 N.m/A	1.1 N.m/A
Cte. De tensión	K_b	0.09 V.seg/rad	0.452 V.seg/rad	1.1 V.seg/rad
Resistencia de campo	R_c	NA	NA	10Ω
Inductancia de campo	L_c	NA	NA	5 H

NA: no aplicable

En la Tabla 1 sintetizamos los resultados de las mediciones de laboratorio, correspondientes a los parámetros y constantes obtenidas con las tres máquinas de CC, de acuerdo a los lineamientos teóricos descritos anteriormente.

Asimismo indicamos en forma gráfica algunos resultados obtenidos en la simulación del modelo para los tres tipos de motores. En todos los casos se aplica una tensión de armadura y una cupla de carga con forma de onda cuadrada de frecuencia, ciclo de trabajo y amplitud dentro de los límites permitidos por las respectivas máquinas.

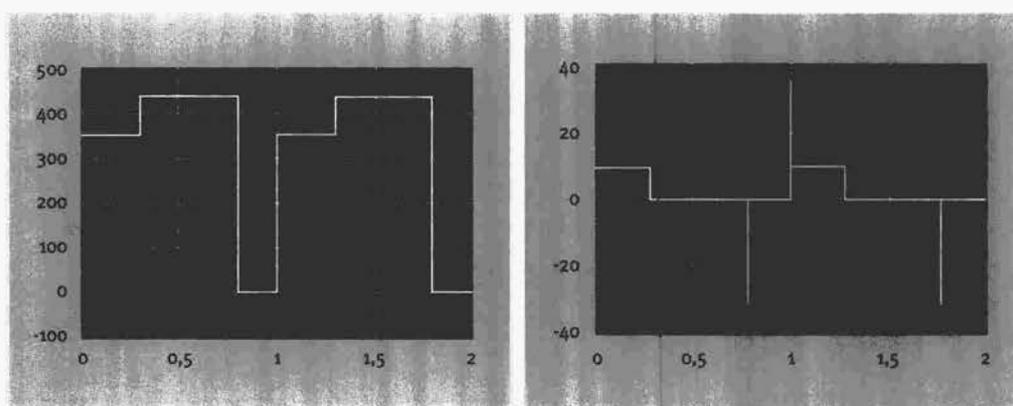


Figura 10. Tensión de armadura y cupla de carga aplicadas al servomotor

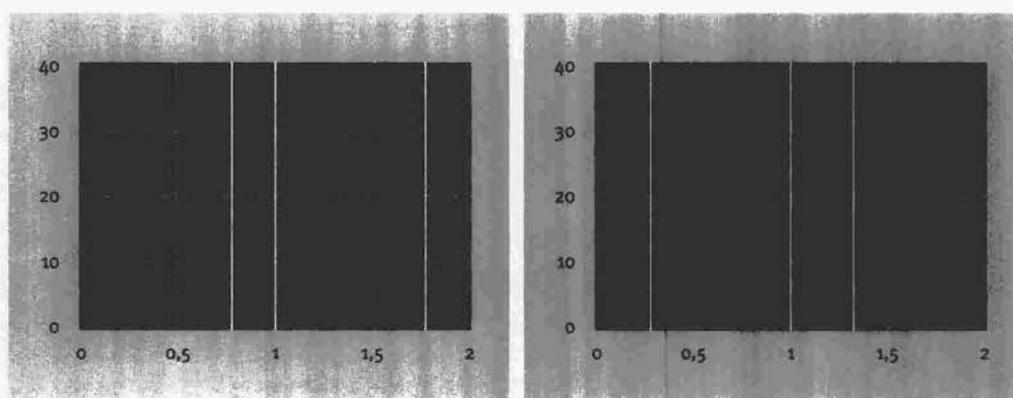


Figura 11. Velocidad y corriente del servomotor

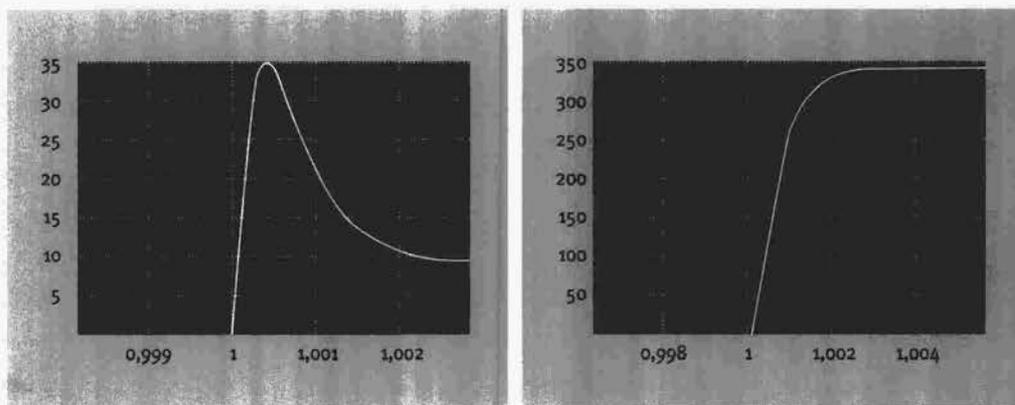


Figura 12. Detalle del crecimiento y decrecimiento de la corriente y velocidad del servomotor

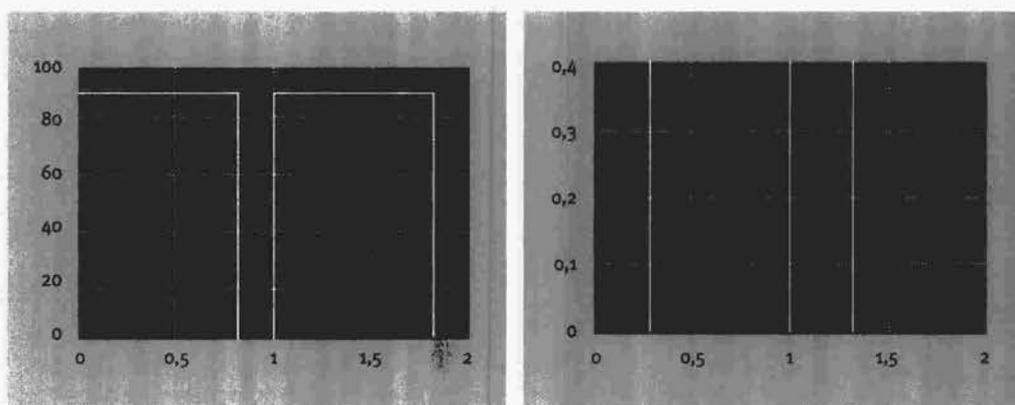


Figura 13. Tensión de armadura y cupla de carga aplicadas al motor de imán permanente.

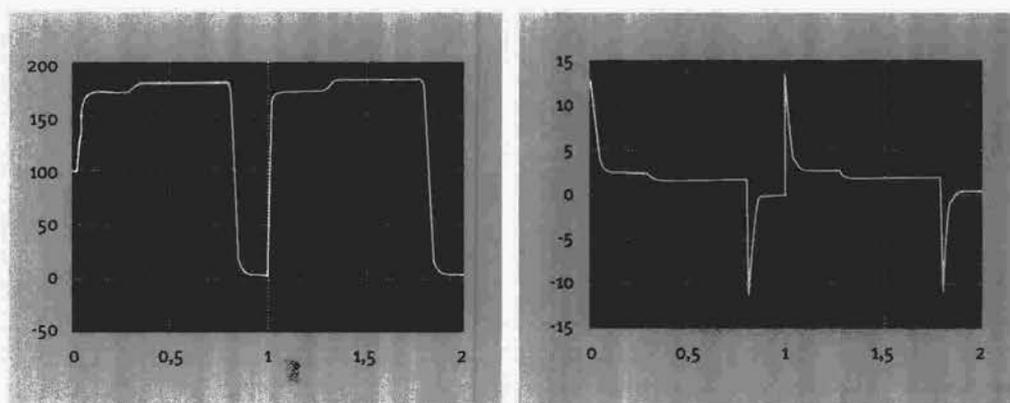


Figura 14. Velocidad y corriente resultantes del motor de CC a imán permanente.

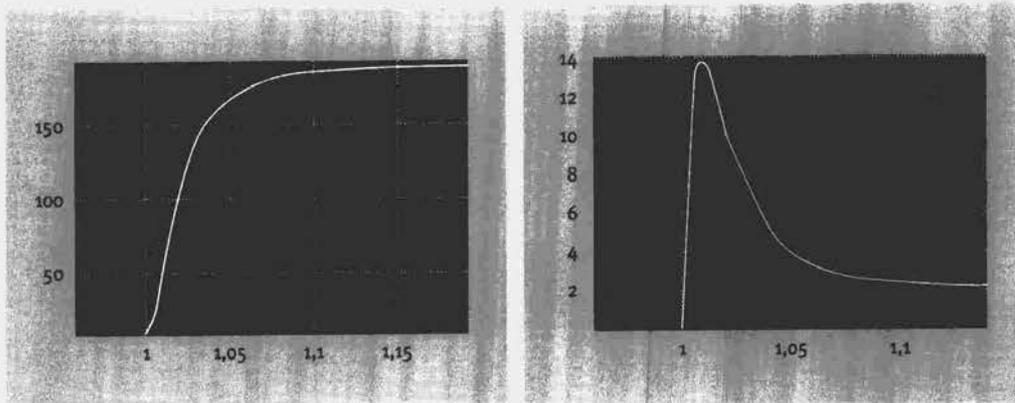


Figura 15. Detalle del crecimiento y decrecimiento de la corriente y velocidad del motor de CC a imán permanente.

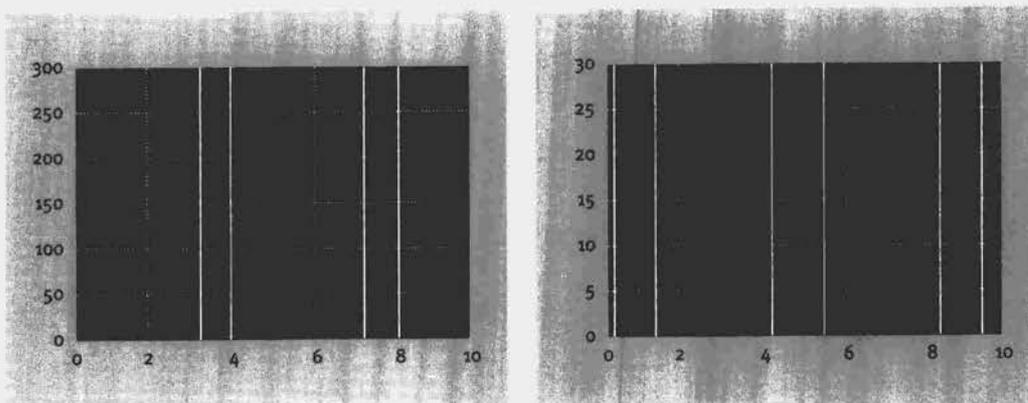


Figura 16. Tensión de armadura y cupla de carga aplicadas al motor industrial.

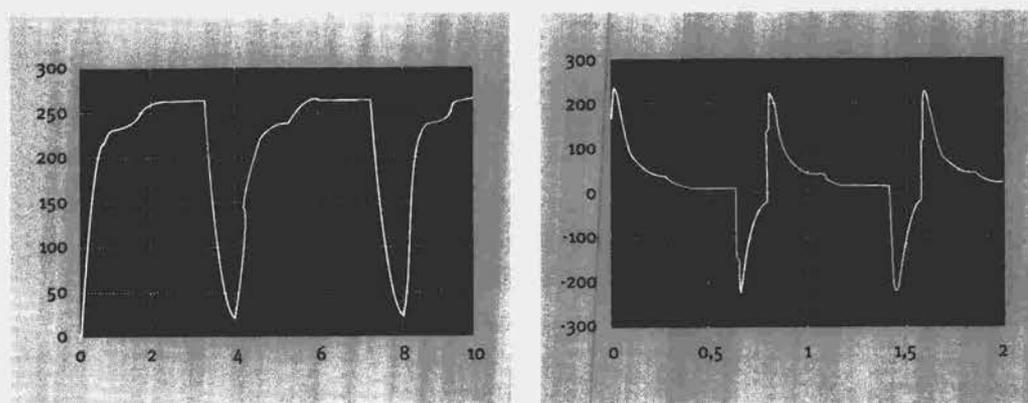


Figura 17. Velocidad y Corriente resultantes del motor industrial

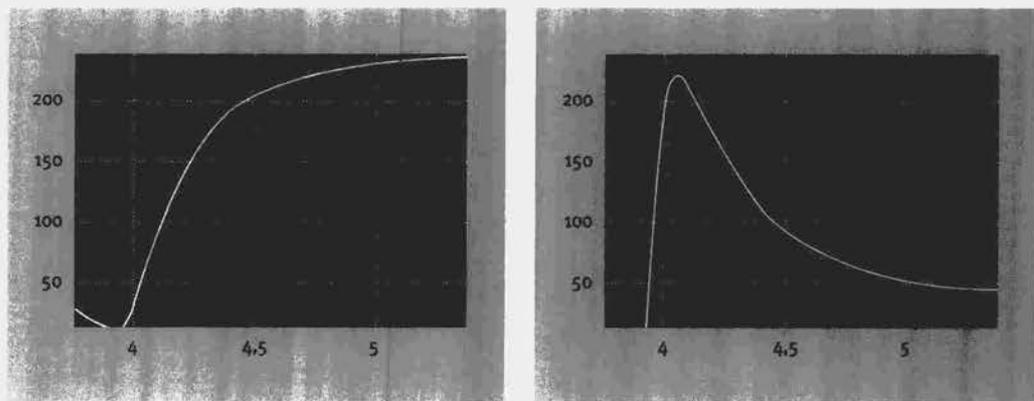


Figura 18. Detalle del crecimiento y decrecimiento de la corriente y velocidad del motor industrial.

Discusión y Análisis de Resultados

Analizando los gráficos de respuesta dinámica indicados precedentemente vemos (entre otros detalles) que:

En la Figura 12 el servomotor pasa de velocidad cero a 450 rad/seg (4299 rpm) en 2 mseg, cargado con una cupla máxima de 0.8 N.m.

En la Figura 15 el motor a imán permanente pasa de cero a 181 rad/seg (1729 rpm) en 100 mseg, cargado con una cupla máxima de 0.4 N.m.

En la Figura 18 el motor industrial pasa de cero a 237 rad/seg (2264 rpm) en 1.5 seg (1500 mseg), cargado con una cupla máxima de 30 N.m.

En todos los casos los valores máximos de la cupla de carga y la tensión de armadura se mantienen por debajo de los valores nominales para cada motor.

Si el modelo matemático del sistema está correctamente planteado y los parámetros y constantes del mismo se miden adecuadamente, el modelo cobra un valor muy importante para el análisis y diseño de sistemas. Esto es de vital importancia, ya que podemos someter el modelo a variadas exigencias para analizar el funcionamiento dinámico y obtener conclusiones sobre el comportamiento de los motores de CC en el simulador, sin necesidad de realizar costosos y complicados ensayos de campo emulando las aplicaciones reales.

Hemos comprobado una importante correspondencia entre los resultados obtenidos con el uso del modelo matemático en el simulador y el comportamiento real de los motores de CC ensayados en el laboratorio, en lo referente a todas las variables involucradas, principalmente con relación a la velocidad angular y corriente de armadura.

Conclusiones

De acuerdo a la información obtenida en la simulación dinámica y los ensayos de laboratorio para los tres tipos de motores de CC, *concluimos que*: para aplicaciones de alto rendimiento y precisión como ser: robótica, control numérico u otras de exigencias similares, es aconsejable seleccionar un servomotor debido a su alta velocidad de respuesta y precisión.

En cambio para aplicaciones no tan exigentes, pero que requieren una relativa velocidad de respuesta, el motor a imán permanente ofrece una solución razonable tanto técnica como económica, como ser en lazos de control en general, accionamientos, y mecatrónica.

Por otra parte el motor industrial dada su lentitud (aproximadamente 15 veces mas lento que el motor a imán permanente y unas 750 veces mas lento que el servomotor) y su baja precisión, se lo utiliza en aplicaciones generales de planta, sin exigencias de tipo dinámico, como ser impulsor de bombas, sopladores, ventiladores, etc.

Referencias

- AGRINST, S. W. (1971) *Direct Energy Conversion*. Allyn & Bacon.
- DAWSON, D. M.; CARROL, J.; SCHNEIDER, M. (1994) Integrator Backstepping Control of a Brush DC Motor Turning a Robotic Load. *IEEE Transaction on Control System Technology*. Vol 2 N°3.
- ERONINI UMEZ – ERONINI (2001) *Dinámica de Sistemas y Control* Thomson Learning.
- KAWAI, Y., Mc CULLOCH, M. D. (1990) Experiment Simulation and Analysis of Linear Direct Current Motor for Control. Department of Engineering Science University of Oxford.
- MATLAB Release 12 (2000) Mathworks, Inc.
- MATSH, L. U. (1977) *Electromagnetic and Electromechanical Machines*. Thomas and Crowell
- RAJASEKARAM, K.; SINHA, S.; BHADRA, S. M. (1980) Analysis of State Feedback Control of Chopper Driven DC Motors. *Pros. 5th Natl. System Conf. Vadadora, Badora*.
- ROZEMBERG, R. C.; KARNOPP, D. C. (1983) *Introduction to Physical System Dynamics*. Mc Graw Hill.
- SINHA, S.; BHADRA, S.; RAJASEKARAM, K. (1982) Analysis of State Feedback Control of Chopper Driven Separately Excited DC Motors. *Electric Machine and Electromechanics* Vol. 7.
- UMEZ – ERONINI, I. E. (1988) Dynamics of Stepping Motors Driven Conventional Machines Slide. *ASME Design Automatic Conference DE – Vol 14*.

Instrucciones para la presentación de artículos

El objetivo de Proyecciones es la difusión de trabajos originados en las tesis presentadas en los ámbitos correspondientes a las carreras de postgrado que se dictan en la Facultad Regional Buenos Aires, así como de otros trabajos originales de investigación en el campo de la ingeniería, en todas sus ramas, y de las ciencias conexas. Eventualmente serán aceptadas también obras de revisión en temas específicos.

Proyecciones es una publicación periódica, cuya frecuencia de aparición se ha fijado en seis meses, para este primer año.

El presente instructivo reúne las condiciones generales de presentación y formato para todos los interesados en remitir sus contribuciones

Presentación de los textos

Los trabajos, en versión impresa (original y copia), podrán ser remitidos a cualquiera de los miembros del Comité Editorial:

Lic. Miguel Languasco

Ing. Hugo Donato

Dr. Isaac Marcos Cohen

Facultad Regional Buenos Aires

Secretaría de Ciencia y Técnica

Medrano 951

(C1179AAQ) Buenos Aires, República Argentina

Se deberán contemplar las siguientes pautas:

La presentación corresponderá a un formato adecuado para hojas tamaño personalizado (20 cm x 28 cm) escritas con interlineado simple, conservando los siguientes márgenes: superior e inferior, 2,5 cm; derecho e izquierdo, 3 cm; encabezado y pie de página, 1,2 cm. La fuente aconsejada es Times New Roman, tamaño 12. Se deberá emplear sangría francesa de 1 cm y alineación justificada en el texto (no debe exceder las 20 páginas por trabajo incluyendo imágenes, figuras y tablas).

En la página inicial se indicará el título en negrita, centrado y en letras mayúsculas; en otro renglón, también en negrita, iniciales y apellido del (de los) autor(es) y, finalmente, en *itálica*, el nombre, la dirección postal y el correo electrónico de la(s) institución(es) a la(s) que pertenece(n).

A continuación, dejando tres espacios libres, el texto, en espacio simple, comenzando con un resumen de 50 a 100 palabras, en castellano e inglés, también en negrita y con tamaño de fuente 9.

Se aconseja ordenar al trabajo de acuerdo a los siguientes ítems: Introducción, Parte Experimental, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos (si existen) y Referencias.

En hoja aparte se indicará el tipo de procesador de texto utilizado y la versión correspondiente.

Los autores deberán entregar un disquete conteniendo su trabajo y diagramado para su reproducción directa en la versión final impresa.

Los trabajos serán revisados por reconocidos especialistas, designados por el Comité Editorial, a propuesta de los Editores Asociados. El dictamen será, en cada caso: a) aprobado en su versión original; b) aprobado con pequeñas modificaciones; c) revisado, con necesidad de modificaciones significativas; d) rechazado. En los casos diferentes a su aprobación directa, los trabajos serán enviados a los autores. Cuando se trate de cumplir con modificaciones sugeridas por los árbitros, los trabajos serán sometidos a una nueva evaluación.

Tablas y Figuras

Las figuras deberán ser adecuadas para su reproducción directa; cada figura deberá ser ubicada en el texto, en el lugar más cercano a su referencia, con número y leyenda explicativa al pie. No podrán reproducirse figuras en color.

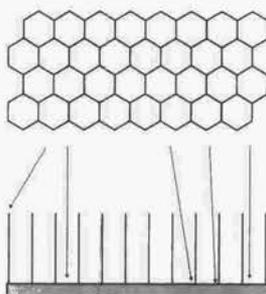


Figura 1. Ejemplo de ubicación de la figura y su leyenda explicativa (centrada, en negrita y fuente 9)

Las tablas se incluirán en el lugar más cercano a su referencia, con números arábigos y acompañadas con un título auto-explicativo en el encabezado.

Tabla 1. Ejemplo de formato para tabla y título (centrada, en negrita y fuente 10)

MAGNITUD	CONDICIÓN A	CONDICIÓN B
Magnitud A	1a	1b
Magnitud B	2a	2b

Referencias

Las referencias se consignarán en el texto indicando el apellido del autor (o primer autor, en trabajos de autoría múltiple) y el año de la publicación. Ejemplos: Gould (1958); Sah y Brown (1997); Probst y colaboradores, 1997). El ítem Referencias contendrá todas las citas consignadas en el texto, ordenadas alfabéticamente, tomando el apellido del primer autor. Los artículos incluidos en publicaciones colectivas deberán figurar en el orden: iniciales y apellido de todos los autores; entre paréntesis, año de publicación; abreviatura internacionalmente aceptada de la publicación; volumen; primera página del artículo. Las referencias a libros consignarán iniciales y apellido de todos los autores; título; página (si corresponde); editorial: Ejemplos:

GOULD, E. S. (1958) Curso de Química Inorgánica. Selecciones Científicas, Madrid, España.

PROBST, T.; BERRYMAN, N.; LARSSON, B. (1997) Anal. Atom. Spectrom. 12, 1115

SAH, R.; BROWN, P. (1997) Microchem. J., 56, 285.

Autoridades de la Facultad Regional Buenos Aires

Decano	<i>Arq. Luis De Marco</i>
Vicedecano	<i>Ing. Raúl Sack</i>
Secretario Académico	<i>Ing. Ricardo Bosco</i>
Secretario Administrativo	<i>Dr. Alejandro Baiguera</i>
Secretario de Ciencia y Tecnología	<i>AUS Oscar Noguez</i>
Secretario de Cultura y Extensión Universitaria	<i>Ing. Guillermo Oliveto</i>
Secretario de Asuntos Estudiantiles	<i>Sr. Juan Tiribelli</i>
Subsecretario Área Académica	<i>Ing. Marcelo Giura</i>
Subsecretario de Graduados	<i>AUS Ricardo Saller</i>
Subsecretaria Administrativa	<i>Sra. Marta Haberman</i>
Subsecretario de Ciencia y Tecnología	<i>Sr. Gustavo Valle</i>
Subsecretaria de Relaciones Públicas e Institucionales	<i>Sra. Patricia De Marco</i>
Director de Departamento Ingeniería Civil	<i>Ing. Silvio Bressan</i>
Director de Departamento Ingeniería Eléctrica	<i>Ing. Eduardo Spittle</i>
Director de Departamento Ingeniería Electrónica	<i>Ing. Jorge Sinderman</i>
Director de Departamento Ingeniería Industrial	<i>Ing. Raúl Sack</i>
Director de Departamento Ingeniería Mecánica	<i>Ing. Diego Villalba</i>
Director de Departamento Ingeniería Naval	<i>Ing. César Legaspi</i>
Director de Departamento Ingeniería Química	<i>Ing. María del Carmen Gutiérrez</i>
Director de Departamento Ingeniería en Sistemas de Información	<i>Lic. Carlos Tomassino</i>
Director de Departamento Ingeniería Textil	<i>Ing. Esteban Bertagni</i>
Director de Departamento Ciencias Básicas	<i>Ing. Jorge Alborés</i>



Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires
Medrano 951 - C1179AAQ - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - República Argentina
Fax: (54-11) 4862-1506 - Tel: (54-11) 4867-7500 - www.frba.utn.edu.ar