

Implementación exitosa de sistemas de fabricación integrada por ordenador utilizando estudios de capacidad de aprendizaje

Successful implementation of systems using computer integrated manufacturing learning capacity studies

Scott Christopher Schriener¹

Recibido: 15 de marzo de 2016

Aceptado: 22 de junio de 2016

Resumen

La creciente complejidad del mercado y la intensa competencia mundial han recientemente obligado a las empresas manufactureras a buscar innovaciones basadas en procesos. Usando herramientas programables para conectar las funciones de fabricación separadas en un sistema unificado, las empresas han introducido un tipo radicalmente nuevo de la automatización llamada fabricación integrada por ordenador (CIM). Se cree que la integración electrónica de varias funciones de fabricación proporciona a las empresas con flexibilidad de la producción, la calidad y capacidad de respuesta que son fundamentales para satisfacer las diversas demandas del mercado. Para aprovechar esta fuerza operativa de la competencia, los estudiosos han añadido aprendizaje organizacional a la lista de variables críticas en la evaluación de la relación rendimiento competitivo de CIM (fabricación integrada por ordenador). El supuesto es que el aprendizaje mejorará la eficacia del alumno. Tal efecto de aprendizaje en los procesos de la CIM, sin embargo, no se ha estudiado con rigor. La mayoría de los escritos que tengan la intención de relacionar el aprendizaje con la CIM se basaban en perspectivas puramente hipotéticas o en relatos anecdóticos en los estudios de caso. Validación empírica a gran escala no se encuentra.

El propósito de este proyecto de investigación es enriquecer nuestra comprensión del papel del aprendizaje organizacional en la aplicación de la CIM a través de un análisis empírico de una muestra de 124 empresas manufactureras. La gestión estratégica se basa en una búsqueda de inteligencia organizacional. Mejor comprensión del papel del aprendizaje organizacional en la implementación de la automatización computarizada claramente tiene implicaciones de políticas en la planificación estratégica y la toma de decisiones.

En este trabajo primero examino los conceptos y las tres fuentes de aprendizaje organizacional y las tres categorías de técnicas de CIM. Luego planteo la hipótesis de que el aprendizaje organizacional afectará positivamente el rendimiento CIM y que cada uno de los tres tipos de aprendizaje tendrá una contribución marginal significativa para el desempeño de la empresa en los tres tipos de técnicas CIM respectivamente. Explicar los datos y el método de investigación y reportar los hallazgos de este estudio empírico. Y, por último, concluyo con una discusión de las implicaciones políticas de los hallazgos y estudios futuros.

Palabras clave: Implementación, sistemas de fabricación, ordenador, capacidad de aprendizaje.

Abstract

The increasing complexity of the market and the intense global competition have recently forced manufacturers to seek solutions based on process innovations. Using programmable tools to connect separate manufacturing functions into a unified system, companies have introduced a radically new type of automation called computer-integrated manufacturing (CIM). It is believed that the electronic integration of various functions provides manufacturing companies with production flexibility, quality

and responsiveness that are essential to meet the various market demands. To take advantage of this operational strength of competition, scholars have organizational learning added to the list of critical variables in assessing the competitive performance of CIM (computer integrated manufacturing) relationship. The assumption is that learning will improve the effectiveness of the student. Such learning effect in the processes of the CIM, however, has not been rigorously studied. Most of the writings that

1. Ingeniero / Profesor . Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO) – Trujillo, Perú. cschrieners@upao.edu.pe o schriener@yahoo.com

intend to connect learning with the CIM were based on purely hypothetical or anecdotal accounts prospects in the case studies. large-scale empirical validation is not found.

The purpose of this research project is to enrich our understanding of the role of organizational learning in the application of the CIM through an empirical analysis of a sample of 124 manufacturing companies. Strategic management is based on a search of organizational intelligence. Better understanding of the role of organizational learning in the implementation of computerized automation policy clearly has implications in strategic planning and decision-making.

In this paper I examine first the concepts and the three sources of organizational learning and the three categories of techniques CIM. Then I hypothesize that organizational learning positively affect the CIM performance and each of the three types of learning have a significant marginal contribution to the performance of the company in the three types of techniques CIM respectively. Explain the data and the research method and report the findings of this empirical study. And finally, I conclude with a discussion of the political implications of the findings and future studies.

Keywords: Implementation, manufacturing systems, computer, learning ability. 420 pb and 100% of similarity with other plants species was determined.

APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL

El aprendizaje organizacional consensualmente se define como un proceso de mejora de las acciones a través de un mejor conocimiento y comprensión. El aprendizaje con frecuencia se describe como una característica fundamental del comportamiento de una organización y la capacidad de aprendizaje es la única fuente de ventaja competitiva sostenible. Una organización que se compromete con el aprendizaje y el desarrollo en todos los niveles y tiene la capacidad de adaptarse a los cambios es una "organización de aprendizaje".

Además de la discusión general, algunos eruditos prestan especial atención al comportamiento de aprendizaje en las organizaciones de fabricación. En un estudio de las industrias manufactureras asediadas, Hayes, Wheelwright y Clark encontraron que la capacidad de aprender y lograr una mejora sostenida en el rendimiento durante un largo período de tiempo es una característica común en las plantas de alto rendimiento [12]. Tres fuentes básicas de aprendizaje organizacional en las organizaciones de fabricación se han identificado en la literatura. En primer lugar, el aprendizaje en I + D, el cual explora y crea nuevas tecnologías. En segundo lugar, aprender haciendo durante la implementación, lo que explora y explota el potencial productivo de las tecnologías existentes. Y en tercer lugar, el aprendizaje por la gestión acumula tanto técnica como conocimiento no técnico para la toma de decisiones y la colaboración a través de todo el I + D, producción y procesos de comercialización.

Aprender a través de la I + D. Buscar, estudiar y experimentar en I + D son actividades de aprendizaje importantes en una organización manufacturera. Rosenberg describe I + D como un proceso de aprendizaje en la generación de nuevas tecnologías [13]. Implica la adquisición de conocimientos científicos y de ingeniería y convertirlos en aplicaciones comerciales útiles a través del diseño óptimo de los productos y procesos. Mientras que muchos investigadores se centran en los resultados de la experien-

cia acumulada de las actividades de I + D, algunos otros han mirado el proceso mismo de I + D. Cohen y Levithal [14] argumentaron que "... mientras que la I + D, obviamente, genera la innovación, también desarrolla la capacidad de la empresa para identificar, asimilar y explotar el conocimiento del medio ambiente" (p.569) y que hacen referencia a esta habilidad como la capacidad de aprendizaje de una empresa.

Aprender haciendo. Además de aprender por la I + D, el aprendizaje se produce en todo el proceso de ejecución de las actividades de innovación y producción. El aprendizaje que ocurre durante la implementación se llama "aprender haciendo", seguido de Arrow noción [17]. Aprender haciendo hace referencia al conocimiento adquirido a través de la experiencia de producción, lo que puede resultar en la reducción del costo de fabricación y mejora de la eficiencia con el tiempo. Esta experiencia puede provenir de la propia empresa, sus proveedores y sus usuarios. En los estudios sobre aprendizaje en la práctica, la evidencia empírica indica la importancia del aprendizaje del usuario o el aprendizaje mediante el uso. Leonard-Barton, a través de un estudio de Chaparral Acero, encontró que las principales actividades de aprendizaje en las fábricas de explotación son el resultado de la capacitación de los empleados, la creación y el control de tanto el conocimiento interno como el externo, la resolución de problemas, la innovación y la experimentación. Ella argumentó que una fábrica de fabricación podría y debería funcionar como un laboratorio de aprendizaje [20].

Aprender gestionando. En un sistema de fabricación, investigación y desarrollo de aprendizaje es más exploratorio y aprender haciendo es más explotatorio. Tanto el aprendizaje por investigación y el desarrollo y el aprendizaje en la práctica se llevan a cabo mayormente por el personal y los trabajadores técnicos y de ingeniería, los cuales han sido el foco principal de la literatura actual. El mantenimiento de un equilibrio adecuado entre la exploración y la ex-

plotación es un factor primordial en la supervivencia del sistema y la prosperidad. La comprensión de las opciones y mejorar el equilibrio entre exploración y explotación a través de asignación apropiada de recursos ordenan una gran cantidad de aprendizaje a partir de la práctica de dirección o el aprendizaje mediante la gestión. Aprender a través de la gestión implica la planificación de multiniveles, vinculando la empresa a su contexto social, coordinando actividades inter funcionales, y formulando estrategias para asignar los recursos. Se requiere la capacidad de vincular la gestión de los recursos humanos, la gestión estratégica y la gestión de los sistemas de información como un medio para facilitar el flujo de aprendizaje.

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS CIM

CIM es el término utilizado para describir la automatización total de un sistema de fabricación bajo el control de un ordenador y la información digital. CIM integra una organización mediante la automatización del flujo de información entre los procesos interrelacionados (tales como diseño, ensayo, fabricación, utillaje y programación) y las funciones de organización (como la I + D, producción, comercialización, control de inventarios, manejo de materiales y control de calidad). La instalación real de los sistemas de integración de equipo varía ampliamente de centros de mecanizado de fabricación flexibles hasta "islas de automatización" (departamentos individuales) con tecnologías informáticas especializadas. A menudo se emplean tecnologías de fabricación computarizados para tres tareas de fabricación. (1) El diseño asistido por ordenador (CAD) y la ingeniería asistida por ordenador (CAE) son utilizados para el desarrollo de productos. (2) La planificación de necesidades de fabricación asistida por ordenador (CAM) y el material (MRP) o su combinación a menudo se utiliza para automatizar los procesos de producción. Y (3)

la planificación de recursos de fabricación (MRP-II) y planificación de procesos por ordenador automatizado (CAPP) se utilizan a menudo para ayudar a la planificación de la gestión.

Se han realizado algunos estudios de caso para explorar el efecto del aprendizaje en los sistemas de automatización computarizada. En un análisis de aplicación- circuitos integrados específicos (ASIC) en fabricantes de sistemas electrónicos, las investigaciones encontraron que el aprendizaje organizacional es la fuerza motriz para hacer que funcionen el CAD y otras tecnologías de fabricación. Ellos también encontraron que la complejidad del diseño es siempre mayor que la potencia de las herramientas CAD. Las empresas tienen que traer a especialistas con diferentes habilidades, objetivos e incluso culturas para llevar a cabo el diseño del producto, el diseño del sistema y las especificaciones funcionales de los ASICs requeridos. En lugar de un aprendizaje individual, el grupo de trabajo tiene que aprender colectivamente y desarrollar procesos estándares como un mecanismo de coordinación. Los estudios sobre las aplicaciones de los sistemas MRP también indican que se necesita una gran cantidad de aprendizaje organizacional. El MRP es técnicamente muy bien desarrollado y es comercialmente viable para las empresas de fabricación. La implementación de un sistema de planificación de necesidades debe ser sencillo. Pero, de hecho, hay muchos problemas que surgen en este tipo de sistemas "probadas" y muchas "fallas" al tratar de instalarlos. La mayoría de los problemas son los factores humanos y el aprendizaje relacionado. Siempre que se produzca un bajo rendimiento en un sistema de planificación de necesidades, esto es generalmente causado por una falta de comprensión y una falta de entrenamiento y de disciplina de la alta dirección hasta el personal funcional y de los trabajadores en el taller.

EL MODELO Y LA HIPÓTESIS

Excepto por algunos estudios de casos que se han mencionado anteriormente, poco trabajo empírico se ha realizado en gran escala para validar la relación aprendizaje-CIM. Este proyecto tiene la intención de realizar una investigación a gran escala en todos los sectores de la industria para validar empíricamente el efecto del aprendizaje de capacidades sobre el cumplimiento de las empresas de la CIM.

Propongo que la capacidad de aprendizaje de una organización tenga un efecto positivo en el sistema CIM y, además, cada uno de los tres tipos de aprendizaje facilite cada uno de los tres subsistemas respectivamente para un mejor desempeño, tal como se muestra en el cuadro 1.

Tabla 1: la ubicación propuesta de la CIM y capacidades de aprendizaje.

	Aprendizaje Organizacional (CAP)	Aprendizaje por capacidad I + D (R&DCAP)	Aprendizaje haciendo - Capacidad (LBDCAP)	Aprendizaje gestionando - Capacidad (MAMCAP)
CIM	+			
CAD, CAE		+		
CAM, MRP			+	
MRP-II, CAPP				+

Cuando una empresa adopta CAD / CAE para el desarrollo de productos, los diseñadores y los ingenieros pueden tener que aprender mediante el estudio de la información y el conocimiento interno y externo para identificar sus necesidades, evaluar, seleccionar y adquirir el software empotrado. También pueden tener que aprender a utilizar el software para diseñar nuevos productos y resolver problemas relacionados a la ingeniería. El aprendizaje también puede ocurrir en la experimentación a través de la producción y las pruebas de ensayo. Identificamos estas actividades de aprendizaje como el aprendizaje por la I + D e interactuando con los procesos CAD / CAE.

Además, cuando se utiliza CAM / MRP para la producción, los ingenieros, personal funcional y los trabajadores pueden tener que aprender cómo funcionan los sistemas informáticos, sus puntos fuertes y los límites y la forma de coordinar el flujo de material y el flujo de información. Aprenden cómo personalizar los programas para el medio ambiente local y cómo rediseñar el sistema de mejoras. Estas actividades se clasifican como aprender haciendo durante la implementación.

Por último, la planificación tradicional de procesos depende únicamente de la experiencia humana, lo cual requiere de mucho tiempo, es subjetivo e inconsistente en calidad. Cuando se utilizan otros sistemas de planificación MRP-II / CAPP, se pueden conseguir mejoras significativas en términos de eficiencia y precisión. Sin embargo, los administradores pueden tener que aprender a decidir cuándo y qué tipo de tecnología de automatización deben adoptar. Ellos tienen que decidir cómo formular estrategias que harán que la organización adopte al nuevo entorno de fabricación y coordine y colabore con actividades internas y externas para reforzar el efecto colectivo del sistema CIM.

HIPÓTESIS

El interés principal de este estudio es determinar la contribución marginal del aprendizaje organizacional con el desempeño de los sistemas CIM. La hipótesis central es que la capacidad de aprendizaje superior dará lugar a un mejor rendimiento de un sistema CIM.

Basado en una revisión detallada de la literatura, once artículos fueron seleccionados como representantes de la actuación multidimensional de un sistema CIM, las variables dependientes del modelo. Tanto variable (s) de la CIM y la variable (s) de aprendizaje organizacional se emplean para explicar la varianza de las variables dependientes. Por lo tanto, es necesario controlar estadísticamente la varianza de la variable dependiente debido a variables causales inesperadas. Por lo tanto, consideramos las variables de aprendizaje como variables de tratamiento y CIM como co-variables.

Para determinar el efecto del aprendizaje organizacional, una regresión jerárquica "forzada" está diseñada para servir a este propósito. En este procedimiento, cada una de las 11 variables dependientes, a su vez,

hacen una regresión contra la covariable (s) y luego la regresión se repite con la variable de tratamiento añadida a la covariable (s).

En concreto, proponemos cuatro hipótesis para la prueba. La primera hipótesis es relacionar el aprendizaje organizacional en general con el desempeño de las empresas de la CIM:

Hipótesis 1: capacidad de aprendizaje organizacional afectará positivamente el desempeño organizacional sobre el efecto de la tecnología CIM.

Después de identificar la contribución marginal total del aprendizaje de la organización con el rendimiento más allá del efecto de la tecnología de la CIM, nos interesa revisar el efecto de cada uno de los tres tipos de aprendizaje con el control del efecto de sus correspondientes técnicas de automatización.

Hipótesis 2: El aprendizaje por la capacidad de I + D afectará positivamente el desempeño organizacional sobre los efectos de CAD / CAE.

Hipótesis 3: Aprender haciendo capacidades afectará positivamente el desempeño organizacional sobre los efectos de la CAM / MRP.

Hipótesis 4: El aprendizaje mediante la gestión de capacidad afectará positivamente el desempeño organizacional sobre el efecto de MRP-II / CAPP.

DATOS Y PROCEDIMIENTO

La población de muestreo para esta investigación se define como plantas en organizaciones de fabricación que utilizan tecnología de automatización computarizada. Identifico las organizaciones de fabricación directamente desde el directorio industrial de Ward (Vol. 50, 2007). Para facilitar un análisis en profundidad, la muestra se restringe a las empresas medianas y grandes (con 500 o más empleados) en cuatro grupos de la industria: vehículos de motor y equipo (sólo equipos), aeronaves y sus partes (piezas solamente), instrumentos médicos y aparatos de consumo.

He utilizado el método de diseño total esbozado desde la investigación previa y la consulta con profesionales y colegas de Jason Yin (W. Paul Stillman School of Business, Universidad de Seton Hall, Nueva Jersey).

Yin seleccionó los ejecutivos principales de fabricación de 290 empresas como los encuestados. La selección de los encuestados fue dictada por un solo imperativo: el conocimiento experto de la persona y la familiaridad con las técnicas de la CIM desplegadas y su capacidad para evaluar globalmente e informar con precisión. Dado el carácter técnico de los sistemas de la CIM y la naturaleza gerencial y estratégica de los contenidos de la

encuesta, era necesario elegir importantes ejecutivos de fabricación cuya comprensión y toma de decisiones se refería a su compañía. Como informantes, ellos eran los más capaces para reconocer y valorar el aprendizaje relevante y las actividades técnicas y determinaron sus impactos en los objetivos de desempeño multidimensional de la empresa. También fueron los más calificados para reportar información específica sobre sus intenciones y acciones estratégicas.

El cuestionario fue dirigido a los ejecutivos principales de fabricación directamente. En la carta de presentación de los encuestados, se destacó que este estudio no se diseñó para evaluar el desempeño de cualquier empresa individual y los cuestionarios cumplimentados se codificarán con los nombres de las compañías y los encuestados eliminados. Se garantizó total confidencialidad y el anonimato de sus respuestas a todos los encuestados. 154 jefes ejecutivos respondieron.

Dado que los datos se obtuvieron a través de la observación de la parte demandada, podría aumentar las preocupaciones sobre la fiabilidad de las medidas porque las respuestas pueden diferir de uno a otro (sesgo individuo) si diferentes personas son responsables del cuestionario. Yin aborda estas preocupaciones mediante la adopción de un segundo informante de la compañía para que responda a nuestra encuesta. Después de llenar el cuestionario, Yin pidió a los jefes ejecutivos que nos transmita los nombres de los administradores principales de la unidad de negocio o nivel

de la planta que tenía un conocimiento claro acerca de las decisiones estratégicas sobre la CIM y su aplicación. Y se envió el mismo cuestionario a un gestor jefe derivado por los principales ejecutivos. Se recibió las segundas respuestas de 124 empresas.

Entonces, decidí hacer una prueba de fiabilidad entre evaluadores (TIR) con los datos de las 124 empresas (plantas), siguiendo el procedimiento previsto en el James, Demaree, y Wolf [27], para verificar las preocupaciones y validar las medidas. Los resultados de la prueba mostraron que las puntuaciones TIR de todas las variables se alineaban 0,58 a 0,93 (columna 4 de la Tabla 2), lo que indica que las observaciones y juicios de los encuestados eran objetivos y coherentes (convergentes) y por lo tanto las medidas son confiables.

Debido a que los resultados de la prueba de confiabilidad entre calificadores fueron aceptables, hice un promedio de las puntuaciones de cada punto (ítem) de la encuesta de los dos entrevistados dentro de una empresa como la puntuación global del tema para cada empresa, siguiendo a James, Demaree & Wolf, 1984. Realicé el análisis de los datos de las 124 empresas con dos respuestas y excluí el remanente de este estudio debido a la información incompleta. Características de la muestra se muestran en la tabla 2.

Table 2
Characteristics of the Sample

(N=124)

		No. of	Mean Sales	Means Sales	Medio
CIM			Casos	(\$ millones)	Growth
Nivel de la Industria (%)					
Nivel*					
363	Consumer Appliance	27	241	10.0	2.51
371	Automobile Parts	38	598	5.7	3.62
372	Aircraft Parts	30	448	4.9	3.40
384	Medical Instruments	29	321	9.4	3.10

* El nivel medio de la fabricación integrada por ordenador, la cual se mide por la media de seis compuestos medios en la Escala de Likert (1=no integrado hasta 5=altamente integrado).

VARIABLES DEPENDIENTES

Como se mencionó anteriormente, se seleccionaron once variables dependientes para representar los objetivos potenciales de rendimiento para la adopción de un sistema CIM. Los seis primeros fueron considerados como objetivos operativos internos y los cinco restantes se referían a la estrategia competitiva. Los once variables dependientes se definen como sigue:

1. Mejorar la eficiencia y la productividad de las operaciones (EFFICI);
2. Para lograr un control eficaz del proceso (PROCES);
3. Para mejorar el diseño del producto y para acelerar la introducción de nuevos productos (NEWPRD);
4. Para aumentar el nivel de integración de fabricación (INTEGR);
5. Para asignar con eficacia y eficiencia (RESOUR) los recursos;
6. Para alcanzar la alta calidad en los productos y servicios (QUALIT);
7. Para lograr la flexibilidad de fabricación (FLEXIB);
8. Para responder rápidamente a la demanda del mercado (RESPON);

9. Para tener un mayor nivel de satisfacción del cliente (SATIDF);
10. Para tener mejores rendimientos económicos (RETURN);
11. Para mejorar la competitividad global (COMPET).

Los once objetivos de rendimiento se midieron utilizando elementos individuales pidiendo la medida en que la empresa había alcanzado cada uno de los objetivos (1 = No se logró, 5 = logrado en su mayoría). Los presidentes ejecutivos y gerentes de planta respondieron de acuerdo a sus observaciones.

VARIABLES INDEPENDIENTES

Hubo dos variables compuestas, ORGCAP y CIM para representar la capacidad de aprendizaje organizacional y el nivel de integración computarizada en un sistema de fabricación, respectivamente. ORGCAP se compone de tres variables de aprendizaje que fueron empleadas como indicadores de los tres tipos de actividades de aprendizaje organizacional, de I + D de aprendizaje, el aprendizaje haciendo y aprendiendo mediante la gestión. El CIM estuvo integrado por las seis técnicas informatizadas antes mencionadas, CAD, CAE, CAM, MRP, MRP-II y CAPP, adoptadas en un sistema CIM.

Capacidad de aprendizaje de investigación y desarrollo (I + D DCAP). Aprender a través de la capacidad de I + D se midió mediante una escala de siete ítems para evaluar la medida en que la empresa fue capaz de adquirir nuevos conocimientos externamente, para crear nuevo conocimiento internamente y aplicar este conocimiento a las innovaciones de producto y proceso. Los elementos que se incluyen los antecedentes de formación de personal de I + D, la frecuencia de buscar ideas de los proveedores y clientes para el diseño de productos y la mejora, los esfuerzos en la búsqueda de la cooperación con la alianza de la industria y los grupos de investigación externos para el desarrollo de la tecnología, los esfuerzos en ingeniería y utilaje para la eficiencia operativa; velocidad en la innovación en comparación con estándares de la industria. La media de puntuación compuesta de I + DCAP fue 3,50 con un promedio r correlación inter-item = 0,54. Alfa (α) Valor de Cronbach como una medida de fiabilidad de consistencia interna del compuesto fue 0,88.

Aprender haciendo capacidad (LBDCAP). Aprender haciendo capacidad se midió por un marcador de ocho ítems que evalúa una amplia gama de actividades de aprendizaje que tienen lugar en la fábrica. Los elementos que se incluyen la formación de los trabajadores y las habilidades, destrezas personal técnico, la participación de los trabajadores y personal técnico en la toma de decisiones, el equipo de trabajo autónomo, comités de funciones cruzadas de productos y la innovación de procesos, la comunicación y la coordinación entre las funciones operativas. La media de puntuación compuesta de LBDCAP era 3,68, con un promedio entre tema de correlación $r = 0,49$ y $\alpha = 0,79$.

Apoyado por la capacidad de gestión (MANCAP). La capacidad de aprendizaje de los directivos fue medida por una puntuación de seis puntos, que estima la capacidad de los directivos en la toma de decisiones, la asignación de recursos y la coordinación. Las partidas incluidas educativo y directivos fondo la experiencia, el conocimiento del sistema informático y la información, la cultura organizacional, el estilo de gestión (autocrático al participativo) y la coordinación estructural de las actividades funcionales (reactivo a lo previsto). La puntuación media de MANCAP fue 3,20 con $r = 0,45$ y $\alpha = 0,78$.

Capacidad de aprendizaje organizacional (ORGCAP). Como se mencionó anteriormente, ORGCAP se compone de siete elementos de aprendizaje de I + D, ocho aprender haciendo y seis de aprendizaje mediante la gestión. La puntuación media de ORGCAP fue 3,46 con $r = 0,47$ y $\alpha = 0,80$.

El nivel de adopción de la CIM (CIM). El nivel de fabricación integrada por ordenador se midió mediante una puntuación compuesta de seis puntos que representa el tipo y el alcance de la aplicación de técnicas de automatización informática integrada, incluyendo CAD, CAE, CAM, MRP, MRP-II y CAPP, en las plantas de fabricación (1 = No se usa para 5 = utilizaron ampliamente). La puntuación media fue de 3,22, con $r = 0,64$ y $\alpha = 0,89$.

Debido a que los coeficientes alfa de Cronbach son aceptables, utilicé los puntajes compuestos para medir CIM y las tres variables de aprendizaje, investigación y DCAP, LBDCAP y LBMCAP. El promedio de las tres variables de aprendizaje se utilizó como medida de la capacidad de aprendizaje organizacional (ORGCAP); en consecuencia, los tres coeficientes de correlación correlacional son altos (0,74, 0,79 y 0,51 respectivamente).

VIII. RESULTADOS

La tabla 3 da los medios, desviaciones estándar, fiabilidades entre evaluadores, coeficientes alfa de Cronbach (por únicas variables independientes) y las puntuaciones de correlación de orden cero entre las variables.

Table 3
Descriptive Statistics and Correlation

Variables	Means	s.d.	IRR ¹	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Independent Variables																		
1 R&DCAP	3.50	.91	.85	(.88) ²														
2 LBDCAP	3.68	1.08	.73	.25*	(.79)													
3 MANCAP	3.20	.48	.77	.25*	.18	(.78)												
4 ORGCAP	3.46	.47	.78	.74**	.79**	.51**	(.80)											
5 CIM	3.22	.79	.91	.19	.34**	.33**	.38**	(.89)										
Dependent Variables																		
6 FLEXIB	3.50	.72	.64	.30*	.29*	.23	.39**	.32**	-									
7 RESPON	3.75	.78	.77	.41**	.11	.20	.39**	.26*	.47**	-								
8 SATISF	3.69	.90	.82	.30*	.40**	.32**	.37**	.48**	.47**	.33**	-							
9 PRPCES	3.46	.95	.65	.28*	.26*	.45**	.42**	.41**	.34**	.24*	.47**	-						
10 NEWPRD	3.51	.75	.88	.47**	.36**	.45**	.54**	.26*	.38**	.31*	.42**	.54**	-					
11 INTEGR	3.90	1.57	.93	.20	.21	.31*	.31**	.68**	.34**	.29*	.34**	.34**	.31*	-				
12 EFFICI	3.47	.68	.61	.24*	.31**	.18	.37**	.17	.31*	.20	.36**	.21	.13	.11	-			
13 RESOUR	3.54	.81	.58	.21	.33**	.54**	.46**	.44**	.33**	.19	.49**	.45**	.44**	.27*	.16	-		
14 RETURN	3.68	1.15	.54	.10	.24*	.38**	.30*	.37**	.25*	.16	.24*	.43**	.06	.22	.32**	.57**	-	
15 COMPET	3.62	.95	.69	.11	.26*	.48**	.35**	.39**	.29*	.21	.48**	.52**	.46**	.26*	.30*	.59**	.42**	-
16 QUALIT	3.48	.67	.74	.16	.22	.35**	.31*	.38**	.37**	.37**	.61**	.50**	.30*	.37**	.13	.37**	.38**	.42**

Notes: 1. IRR, inter-rater reliability; 2. Cronbach's alpha value.
One-tailed significance: * p<.01; ** p<.001.
R&DCAP= learning by R&D capability; LBDCAP= learning by doing capability;
MANCAP= learning by managing capability; ORGCAP= organizational learning capability (the sum of R&DCAP, LBDCAP and MANCAP); CIM= level of computer-integrated manufacturing;
FLEXIB= manufacturing flexibility improvement; RESPON= responsiveness to market demand;
SATISF= customer satisfaction; EFFICI= efficiency and productivity enhancement;
PROCES= effective process control; NEWPRD= speed of new product introduction;
INTEGR= manufacturing integration; RESOUR= effective resource allocation; RETURN= return on CIM investment and profitability; COMPET= overall competitiveness; QUALIT= quality of product and services.

He utilizado el análisis de regresión jerárquica para probar las hipótesis. Cada una de las 11 variables dependientes fue retrocedido en contra de las variables independientes que incluyen las variables pareadas de aprendizaje (el tratamiento) y las variables de la CIM (las covariables pareadas) propuestas. Nuestro interés era observar el incremento en la varianza debido a la adición de una variable de aprendizaje.

Aprendizaje organizacional y desempeño

La tabla 4 muestra los resultados del análisis de regresión jerárquica para CIM y la capacidad de aprendizaje general (ORGCAP). Los coeficientes de regresión de la CIM son todos positivos y sig-

nificativos para todas las ecuaciones de regresión. Se confirma que la CIM es una estrategia válida para lograr los objetivos organizacionales. El coeficiente más alto de la CIM (b = 1,35) es la variable dependiente, INTEGR, lo que indica que la tecnología CIM es una herramienta eficaz para lograr la integración de fabricación. Entre los seis objetivos operativos, la capacidad de aprendizaje de la organización está significativamente relacionada con la eficiencia y la mejora de la productividad (b = 0,42), el control de procesos eficaces (b = 0,47), introducción de nuevos productos (b = 0,77) y la asignación eficaz de los recursos (b = 0,44). Los coeficientes de regresión para la integración de la fabricación (b = -.05) y para la calidad (b = 0,28) no son significativos. Por otra parte, la variación de los cinco objetivos estratégicos (FLEXIB, RESPON, SATISF, RETURN, y COMPET) puede explicarse de manera significativa por las capacidades de aprendizaje organizacional. Estos resultados proporcionan apoyo a la hipótesis 1.

Tabla 4
Los resultados del análisis de regresión jerárquica para Overall Performance and Organizational Learning Capability (ORGCAP)

Dependent Variables	Independent Variables							
	Step 1				Step 2			
	CIM		ORGCAP		CIM		ORGCAP	
	b	R ²	*R ²	F-Sig.	b	R ²	ΔR ²	F-Sig.
EFFICI	.15**	.03	.03	.092	.42***	.13	.10	.001
PROCES	.49***	.16	.16	.000	.47**	.23	.07	.000
NEWPRD	.24*	.07	.07	.000	.77***	.34	.27	.000
INTEGR	1.35***	.46	.46	.000	-.05	.47	.01	.000
RESOUR	.45***	.20	.20	.000	.44**	.27	.07	.000
QUALIT	.50***	.15	.15	.000	.28	.17	.02	.000
FLEXIB	.29**	.10	.10	.001	.38**	.18	.08	.000
RESPON	.26	.07	.07	.010	.45**	.16	.06	.000
SATISF	.55***	.23	.23	.000	.98***	.55	.22	.000
RETURN	.55***	.13	.13	.000	.32#	.15	.02	.000
COMPET	.47***	.15	.15	.000	.33*	.19	.04	.000

p<.1; * p<.05; ** p<.01; *** p<.001
CIM= level of computer-integrated manufacturing; ORGCAP= organizational learning capability (the sum of R&DCAP, LBDCAP and MANCAP); EFFICI= efficiency and productivity enhancement; PROCES= effective process control; NEWPRD= product design and new product introduction; INTEGR= level of manufacturing integration; RESOUR= effective resource allocation; QUALIT= quality of product and services. RETURN= return on CIM investment and profitability; FLEXIB= manufacturing flexibility improvement; RESPON= responsiveness to market demand; SATISF= customer satisfaction; COMPET= overall competitiveness.

Aprender a través de la I + D y de rendimiento. Los resultados de la tabla 5 muestran que CAD contribuyó principalmente a la integración y la introducción de nuevos productos, mientras que la fabricación de CAE casi hizo contribución significativa a casi todos los objetivos de desempeño. La incorporación de los resultados de I + DCAP en importantes incrementos en la varianza para la introducción de productos (b = 0,34), respuesta rápida a la demanda del mercado (b = 0,32), el control de procesos eficaces (b = 0,24), la satisfacción del cliente (b = 0,22) y la eficiencia y la mejora de la productividad (b = 0,18). Los resultados apoyan parcialmente la hipótesis 2.

Tabla 5
Los resultados del análisis de regresión jerárquica para generar Rendimiento y Aprendizaje de Capacidad de I + D (I + DCAP)

Dependent Variables	Independent Variables									
	Step 1					Step 2				
	CAD		CAE			R&DCAP				
	b1	b2	R'	R'	F-Sig.	b	R'	ΔR'	F-Sig.	
EFFICI	-.01	.15**	.04	.04	.137	.18*	.10	.06	.025	
PROCES	.07	.25*	.10	.10	.007	.24*	.15	.05	.001	
NEWPRD	.14*	.12	.11	.11	.004	.34***	.27	.16	.000	
INTEGR	.84***	.30**	.64	.64	.000	.01	.64	.00	.000	
RESOUR	.15*	.25**	.20	.20	.000	.11	.22	.02	.000	
QUALIT	.13*	.34**	.18	.20	.000	.09	.18	.00	.000	
FLEXIB	.08	.15*	.09	.09	.011	.20**	.15	.06	.002	
RESPON	.09	.18*	.10	.10	.007	.32***	.23	.13	.000	
SATISF	.07	.42***	.26	.26	.000	.22**	.31	.05	.000	
RETURN	.08	.28*	.08	.08	.017	.07	.09	.01	.039	
COMPET	.07	.23*	.09	.09	.012	.07	.09	.00	.026	

p<.1; * p<.05; ** p<.01; *** p<.001
CAD= computer-aided design; CAE= computer-aided engineering; R&DCAP= learning by R&D capability; La definición de cada variable dependiente, ver las notas a la Tabla 4.

Aprender haciendo y rendimiento. La tabla 6 muestra los resultados de regresión en tres covariables, CAM, MRP y LBDCAP. CAM contribuye más a la integración (INTEGR), mientras que los asociados MRP fabricación más con la asignación de recursos (Resour) y retorno económico (RETURN). Aprender haciendo capacidad contribuye a los incrementos de la varianza (ΔR2) mayor en el control de procesos eficaces (PROCESO, b = 0,33), el desarrollo de productos (NEWPRD, b = 0,24), la satisfacción del cliente (SATISF, b = 0,23) y la mejora de la eficiencia y la productividad (EFFICI, b = 0.20) que otros objetivos. Los resultados apoyan parcialmente la hipótesis 3.

Tabla 6.
Los resultados del análisis de regresión jerárquica para Overall Performance and Learning by doing Capability (LBDCAP)

Dependent Variables	Independent Variables									
	Step 1					Step 2				
	CAM		MRP			LBDCAP				
	b1	b2	R'	*R'	F-Sig.	b	R'	ΔR'	F-Sig.	
EFFICI	.03	.15**	.01	.01	.699	.20**	.10	.09	.041	
PROCES	.29**	.07	.20	.20	.000	.33***	.34	.14	.000	
NEWPRD	.15*	.06	.07	.07	.074	.24**	.17	.10	.002	
INTEGR	.47***	.20*	.46	.46	.000	-.07	.46	.00	.000	
RESOUR	.02	.26***	.16	.16	.001	.19*	.22	.06	.000	
QUALIT	.08	.05	.08	.08	.056	.13	.09	.01	.060	
FLEXIB	.07	.06	.07	.07	.011	.15*	.11	.04	.023	
RESPON	.08	.00	.08	.08	.056	.10	.09	.01	.061	
SATISF	.11	.18*	.17	.17	.001	.23**	.26	.09	.000	
RETURN	.09	.34***	.17	.17	.001	.12	.18	.01	.0001	
COMPET	.11	.23**	.16	.16	.001	.11	.18	.02	.001	

p<.1; * p<.05; ** p<.01; *** p<.001
CAM= computer-aided manufacturing; MRP= material requirement planning; MRP-II= manufacturing resources planning; LBDCAP= learning by doing capability. See the notes to Table 4 for definition of each dependent variable.

Aprender a través de gestión y desempeño. Por último, la tabla 7 resume el análisis de MRP-II y CAPP y el aprendizaje mediante la gestión. Ambos recursos de fabricación (MRP-II) y planificación de procesos asistido por ordenador (CAPP), técnicas de hacer grandes contribuciones a la fabricación de la integración (INTEGR) y las contribuciones de menor importancia a la respuesta del mercado (Respon) y la satisfacción del cliente (satisf). Más importante aún, el aprendizaje de gestión contribuye a la consecución de todas las dimensiones de los 11 objetivos en relativamente grandes escalas. Ocho coeficientes de regresión son iguales y superiores a 0,55. En contraste con los otros dos tipos de aprendizaje. Aprendizaje mediante la gestión juega un papel más importante en la mejora de la estrategia CIM. Así, los resultados proporcionan una fuerte evidencia para apoyar la hipótesis 4.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que la capacidad de aprendizaje de la organización juega un papel importante para las empresas de la CIM en el logro de sus objetivos organizacionales. Sin embargo, la contribución varía de cada tipo de aprendizaje hacia diversos objetivos de la organización. Varias implicaciones estratégicas pueden extraerse de las variaciones.

Los resultados muestran que el aprendizaje por la I + D se corresponde en gran medida a diseño de productos y la introducción de nuevos productos, respuesta rápida a la demanda del mercado, la satisfacción del cliente y la flexibilidad de fabricación. La alta correspondencia demuestra que la I + D de aprendizaje magnifica el efecto de diseño asistido por ordenador y la ingeniería. I + D de aprendizaje explora las demandas del mercado y descubre la disponibilidad tecnológica, que puede ser un factor en un sistema CAD / CAE para el diseño óptimo de las características deseadas del producto para los clientes. Sin I + D de aprendizaje, la flexibilidad y la capacidad de respuesta de un sistema CAD / CAE sistema no se utiliza plenamente. Para aprovechar al máximo de CAD / CAE recursos tecnológicos en el desarrollo de productos para satisfacer la demanda del mercado requiere una fuerte capacidad de aprendizaje de I + D.

Los resultados también muestran una contribución marginal significativa de aprendizaje en la práctica la capacidad de control de procesos eficaces y la eficiencia operativa y la productividad, adicional a la contribución de la varianza debido a la CAM y PLM. Los resultados confirman los hallazgos en aprender haciendo de estudios realizados, por ejemplo, por Dutton & Thomas [17] y Leonard-Barton [20]. Las actividades de aprendizaje durante la implementación mejoran la eficacia de la CAM y PLM mediante la coordinación de los movimientos mecánicos y de control electrónico, según el producto y la información fluye de ajuste, y por hacer frente a los cuellos de botella operativos y las trampas.

El efecto de aprendizaje en la práctica no se limita a la eficiencia y productividad de fabricación. Al igual que el aprendizaje por la I + D, aprender haciendo co-varía fuertemente con el desarrollo de nuevos productos y la satisfacción del cliente. Los

resultados indican que el diseño del producto y la velocidad de introducción de nuevos productos no deben ser aislados en los laboratorios de I + D, nuevas ideas sobre la mejora del producto y el refinamiento pueden venir de fábrica a través de aprender haciendo. Los hallazgos sugieren que sería beneficioso contar con una mayor participación de los equipos de operación, tales como ingenieros y técnicos en el proceso de desarrollo de productos.

El hallazgo más interesante de este estudio es que el aprendizaje del gerente desempeña un papel extraordinariamente importante en el logro de los objetivos de la estrategia de diversificación de la CIM. Si bien la planificación de recursos de fabricación y planificación de procesos asistidos por ordenador juegan un papel menor en el logro de objetivos en todas las dimensiones, excepto la fabricación de la integración, el aprendizaje mediante la gestión es un factor dominante en la ampliación de los logros de las empresas de la CIM. Es bien aceptado que los programas de planificación de recursos de fabricación computarizada y planificación asistida por ordenador son herramientas eficientes para los problemas cuantitativos bien estructurados, pero son mucho menos eficientes en problemas no estructurados y cualitativos. Desafortunadamente, la mayoría de los problemas de toma de decisiones estratégicas y muchos problemas de funcionamiento son estructurado y cualitativa, como el cambio de la demanda de los clientes, la motivación humana y el rendimiento, y los cuellos de botella y el tiempo de inactividad en las operaciones. Programas computarizados pueden capturar sólo una fracción de la realidad de la planificación. Las soluciones a estos problemas dependen en gran medida del aprendizaje en equipos de gestión y en el grupo de pensamiento.

Por otra parte, los resultados de este estudio corroboran el argumento de que la CIM es una poderosa técnica para mejorar el nivel de integración de fabricación. Sin embargo, además de los sistemas de la CIM, el aprendizaje mediante la gestión también es una fuente importante para la integración de la fabricación. Los resultados sugieren que, entre haber sido discutidos muchos otros factores en este trabajo, el aprendizaje mediante la gestión es una importante variable estratégica en el logro de la integración de fabricación.

IMPLICACIONES POLICY

Un paso más allá de las perspectivas convencionales es que el aprendizaje organizacional es importante, los resultados de este estudio ilustran el grado en que la capacidad de aprendizaje puede afectar al funcionamiento de las empresas de la CIM. Varias implicaciones políticas pueden extraerse de tales mejor comprensiones.

En primer lugar, las diferentes técnicas de automatización de fabricación requieren diferentes capacidades de aprendizaje. Cuando una empresa está interesada en el diseño de productos y la automatización de la ingeniería, se debe asignar más recursos para fomentar la educación de I + D. Tal capacidad de aprendizaje permitirá a la empresas explorar nuevas posibilidades, nuevas alternativas y hacer un mejor uso de CAD / CAE mediante la simulación de posibilidades y alternativas de soluciones factibles y óptimas. Los esfuerzos conjuntos de CAD / CAE y el aprendizaje por investigación y desarrollo dará lugar a una mejor y rápida de desarrollo de productos. Una empresa puede tener su capacidad de aprendizaje de I + D no sólo por la investigación de la casa, sino también de la interacción con los recursos externos, como se indica en muchos escritos de I + D. Dicha capacidad puede ser acumulada a través de la inversión de capital sobre todo humano.

Por otra parte, la importancia de aprender haciendo es a menudo descuidada y poco invertida. Muy a menudo, mientras que millones de dólares se invirtieron en las técnicas de CAM y MRP, menos dólares fueron invertidos para mejorar la capacidad de aprendizaje y el nivel de habilidad en el lugar de trabajo. Los trabajadores y los técnicos pueden o no tener suficiente educación y nivel de habilidad o no tener una formación técnica adecuada para trabajar en un entorno CIM. Aunque la automatización computarizada puede eliminar las posibilidades de 'error humano', que no es un sustituto de los recursos humanos en el lugar de trabajo. A medida que la complejidad de la CIM aumentó sistemas, los factores humanos desempeñan un papel cada vez más importante y que pueden exigir más aprender haciendo para hacer frente a los problemas en los sistemas. Los recursos adecuados deberían asignarse a aprender haciendo, explotar existente competencia, la eficiencia y la productividad del proceso. Además, los equipos de operación deben ser animados a participar en las actividades de diseño e ingeniería.

Por último, es un reto para los administradores gestionar las actividades de aprendizaje por sí mismos. El desarrollo de habilidades directivas, como se revela en este estudio, es fundamental para la implementación exitosa de la estrategia CIM. Varios aspectos del aprendizaje de la gestión de la consideración orden. La parte más importante del aprendizaje es el aprendizaje estratégico a través del cual el desarrollo de una estrategia de crecimiento para dominar las oportunidades de los entornos competitivos y tecnológicos para la plena explotación de competencia tecnológica

interna. Otra dimensión de aprendizaje del gerente es adquirir conocimientos técnicos con el fin de hacer un juicio perspicaz respecto a la elección tecnológica y proporcionar una supervisión efectiva. El tercer aspecto es aprender cómo asignar recursos para mantener un equilibrio adecuado entre la exploración y la explotación en un sistema CIM.

CONCLUSIONES

Este estudio se centró en la contribución marginal de las capacidades de aprendizaje de la organización en su conjunto y las tres facetas del aprendizaje en relación con los objetivos que se plantean por lo general las empresas manufactureras cuando deciden adoptar y aplicar sistemas CIM. Los resultados indican que la alineación correcta del aprendizaje organizacional con CIM dará lugar a un mayor rendimiento de las empresas de la CIM. Los resultados sugieren dar más énfasis al aprendizaje en la estrategia CIM de una empresa. Los resultados también sugieren prestar especial atención al aprendizaje mediante la gestión y para diferenciar el aprendizaje por investigación y desarrollo y el aprendizaje en la práctica para lograr diferentes objetivos operativos y estratégicos. Este estudio recomienda que el aprendizaje organizacional debe ser manejado como un recurso estratégico para mejorar la estrategia CIM de una empresa para un mejor rendimiento.

Como se hace cada vez más imprescindible para la fabricación de las empresas adoptar la automatización informática en su estrategia corporativa, un desafío para los gerentes y los investigadores es encontrar la manera de facilitar el progreso a través del aprendizaje organizacional y otros factores contingentes. Nuestra intención en este estudio fue desarrollar un modelo y validar empíricamente las contribuciones marginales de diferentes capacidades de aprendizaje organizacional a un sistema CIM. Los resultados proporcionan información útil para enriquecer nuestra comprensión de la naturaleza complementaria del aprendizaje organizacional en el sistema CIM y podría ayudar a los gerentes a obtener una ventaja competitiva a través de la correcta alineación de las actividades de aprendizaje con las técnicas CIM. Sin embargo, esta investigación podría estar sujeta a los sesgos asociados a la apreciación subjetiva de los encuestados. Sería útil para futuras investigaciones aplicar este modelo con los datos empíricos más sólidos para evaluar la previsibilidad del modelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Boyer, K., Revolutionary patterns of flexible automation and performance: a longitudinal study, *Management Science*, 45 (6), 824-825 (1999).
2. Agnew, A., Forrester, P., Hassard, J., and Procter, S., Deskilling and reskilling within the labor process: the case of computer integrated manufacturing, *International Journal of Production Economics*, 52 (3), 317-324 (1997).
3. Fujimoto, T., *The Evolution of Manufacturing System in Toyota*, New York: Oxford University Press, 1999.
4. Leonard-Barton, D., and Sinha, D., Developer-user interaction and user satisfaction in internal technology transfer, *Academy of Management Journal*, 36 (5), 1125-1139 (1993).
5. Argyris, C., *On Organizational Learning* (2nd Edition). Blackwell Publishers Inc., 1999.
6. Ayres, R.U., CIM: a challenge to technology management, *International Journal of Technology Management*, 7(1-3), 17-39 (1992).
7. Crossan, M., Lane, H., and White, R., An organizational learning framework: from intuition to institution, *Academy of Management Review* 24 (3), 522-537 (1999).
8. Levinthal, D. A., and March, J.G., The myopia of learning, *Organizational Science*, 2 (1), 95-112 (1993).
9. Fiol, C., and Lyles, M., Organizational learning, *Academy of Management Review*, 10(4), 803-813 (1985).
10. Dodgson, M., Technology learning, technology strategy and competitive pressures, *British Journal of Management*, 2, 133-149 (1991).
11. March, J.G., Exploration and exploitation in organizational learning, *Organizational Science*, 2 (1), 71-87 (1991).
12. Hayes, R.H., Wheelwright, S.C., and Clark, K.B., *Dynamic Manufacturing: Creating the Learning Organization*, London: Free Press, 1988.
13. Rosenberg, N., *Inside the Black Box: Technology and Economics*. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1982.
14. Cohen, W., and Levinthal, D., Innovation and learning: the two faces of R&D, *The Economic Journal*, 99, 569-596 (1989).
15. Dutton, J.M., and Thomas, A., Relating technological change and learning by doing, in *Research on Technology Innovation, Management and Policy*, II, N. Rosenbloom (ed.), Greenwich, CT: JAI Press (187-2240), 1985.
16. Yin, J.Z., Technological capabilities as determinants of the success of technology transfer projects, *Technological Forecasting and Social Change*, 42, 17-29 (1992).
17. Arrow, K., The economic implications of learning by doing, *Review of Economic Studies*, 29, 155-173 (1962).
18. Leonard-Barton, D., and Sinha, D., Developer-user interaction and user satisfaction in internal technology transfer, *Academy of Management Journal*, 36 (5), 1125-1139 (1993).
19. Slaughter, S., Innovation and learning during implementation: a comparison of user and manufacturer innovations, *Research Policy*, 22, 81-95 (1993).
20. Leonard-Barton, D., The factory as learning laboratory, *Sloan Management Review* (Fall), 23-38 (1992).