

4th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management
XIV Congreso de Ingeniería de Organización
Donostia- San Sebastián , September 8th -10th 2010

Análisis del Impacto del Mantenimiento Productivo Total en la Fabricación de Alto Rendimiento

Raquel Sanchis¹, Raul Poler¹, Josefa Mula¹, David Peidro¹

¹ Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción (CIGIP). Universidad Politécnica de Valencia. Plaza Ferrándiz y Carbonell, 2. 03801 Alcoy (Alicante). rsanchis@cigip.upv.es, rpoler@cigip.upv.es, fmula@cigip.upv.es, dapeipa@cigip.upv.es

Resumen

El Mantenimiento Productivo Total (TPM, Total Productive Maintenance) es una estrategia que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM es considerado como uno de los programas de la Fabricación de Alto Rendimiento (HPM, High Performance Manufacturing). El objetivo del presente artículo se centra en el estudio y análisis del impacto de los diferentes métodos de TPM en la Fabricación de Alto Rendimiento en 179 plantas industriales de seis países.

Keywords: Mantenimiento Productivo Total, Fabricación de Alto Rendimiento.

1. Introducción

Es una tendencia generalizada que los sistemas de fabricación operen por debajo de su capacidad total, con una baja productividad, provocando que los costes de fabricación sean muy elevados. Mobley (1990) ya indicaba en los años 80 que el 28% de los costes totales de fabricación en plantas industriales estadounidenses, se atribuía a actividades de mantenimiento. En la actualidad con el desarrollo de nuevas tecnologías y la automatización de los sistemas de fabricación que ha aumentado vertiginosamente, se produce un doble efecto, por un lado se perfeccionan los equipos productivos intentando minimizar su mantenimiento, pero por otro lado, el alto grado de automatización convierte las actividades de mantenimiento en un aspecto de vital importancia que tiene un gran impacto en el rendimiento global de cualquier planta industrial de fabricación. Por todo ello, surge el concepto de Mantenimiento Productivo Total (TPM, *Total Productive Maintenance*), que se define como una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que ayudan a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos (Chan et al., 2005).

El TPM es ampliamente reconocido como un arma estratégica para mejorar el rendimiento de fabricación (Chan et al., 2005). Además es considerado como uno de los programas de

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el Proyecto DPI2006-05531 "HPM Project-Spain: Proyecto para la Manufactura de Alto Rendimiento (*High Performance Manufacturing*)" del Ministerio de Educación y Ciencia. Dirección General de Investigación.

prácticas avanzadas para conseguir la fabricación de alto rendimiento (HPM, *High Performance Manufacturing*). La HPM es un conjunto integrado de procesos diseñados para alcanzar una ventaja competitiva mundial sostenible por medio de la mejora continua de la capacidad de fabricación (Schroeder y Flynn, 2001). Y dicha mejora continua viene determinada por la implantación de actividades TPM. Pero en este punto cabe plantearse las siguientes cuestiones: ¿cómo el TPM mejora el rendimiento de fabricación de las plantas industriales?, ¿cuál es el impacto en el rendimiento de fabricación global?, ¿la implantación de prácticas TPM impacta del mismo modo en plantas industriales de HPM o estándares? De todas estas cuestiones se extrae el objetivo del presente artículo que se centra en el estudio y análisis del impacto de los métodos de TPM en la HPM en plantas industriales. La estructura del artículo sigue la siguiente distribución. La siguiente sección describe la metodología de investigación utilizada para realizar la recolección de la información y poder ejecutar el análisis. La sección 3 presenta los resultados estadísticos del análisis anterior. Finalmente, la sección 4 concluye con las contribuciones más significativas del estudio así como sus limitaciones y ofrece una visión general de las líneas de investigación futuras.

2. Diseño y metodología de investigación

Los datos utilizados en el análisis estadístico se recogieron como parte de la tercera ronda del estudio: “High Performance Manufacturing (HPM)” (Fabricación de Alto Rendimiento), llevado a cabo por un equipo de investigadores de diversas universidades de los Estados Unidos, Europa y Asia. El equipo español del estudio está formado por grupos de investigación de cuatro universidades: Universidad de Sevilla, Universidad Politécnica de Valencia, Universidad Complutense de Madrid y Universidad Pública de Navarra, abarcando todas las zonas geográficas del país. La base de datos HPM que se ha utilizado para la presente investigación incluye 265 plantas industriales de seis países (Alemania, Austria, Corea del Sur, España, Estados Unidos, Finlandia, Italia, Japón y Suecia), que representan las tres regiones principales del mundo (América del Norte, Europa y Asia).

La muestra incluye plantas de los sectores industriales de fabricación de electrónica, maquinaria y automoción en cada uno de los países anteriores. La muestra de plantas industriales distinguía dos tipologías: (i) Plantas de Alto Rendimiento (PAR) y (ii) Plantas de Rendimiento Estándar (PRE).

Tabla 1. Número de plantas participantes en el estudio clasificadas por país, sector y naturaleza.

	Automoción		Maquinaria		Electrónica		Total
	PAR	PRE	PAR	PRE	PAR	PRE	
Alemania	19		13		9		41
Austria	4		7		10		21
Corea del Sur	5	5	6	4	7	4	31
España	5	6	4	4	5	4	28
Estados Unidos	4	5	6	5	5	4	29
Finlandia	2	8	2	4	6	8	30
Italia	4	3	4	6	6	4	27
Japón	6	7	6	5	5	5	34
Suecia	7		7		10		24
	Total						265

En España no existe ninguna base de datos que recoja las principales plantas industriales de alto rendimiento en el área de producción/operaciones. Por ello y tras un profundo análisis, se acordó usar como fuente de identificación de las PAR el directorio Duns, que considera estas

plantas como las principales en España por volumen de facturación. Se escogió la muestra de forma aleatoria simple del 35% de las primeras plantas del listado Duns. Además, cabe destacar que dichas plantas también aparecen catalogadas como líderes por otras fuentes (Revista de Manutención y Almacenaje, PricewaterhouseCoopers, Industry Week).

La identificación de las PRE incluyó el 65% restante del listado de Duns. Además se utilizaron otras fuentes de información como: AETIC, AFM, DBK, Europages, Fábricas de España, Guíame, Kompas, SERNAUTO, SABI y Thomas Global Register, para la determinación de las PRE. En la Tabla 1 se reporta el desglose de la muestra por país y por sector industrial.

Después de contactar con el gerente de la planta industrial por teléfono y obtener su compromiso de participación en el estudio, se distribuyó un conjunto de 21 cuestionarios para que fueran cumplimentados por 10 directores de diferentes áreas, 6 supervisores de planta y 5 operarios, según la siguiente distribución:

- Director de Planta: Responsable máximo de una compañía, director de fábrica o director técnico.
- Director de Producción: Responsable de toda el área de producción, inspector de la fábrica.
- Director de Contabilidad: Responsable del departamento de contabilidad y finanzas.
- Director de Recursos Humanos: Responsable del departamento de recursos humanos.
- Director del Control de Producción: Responsable de control del proceso industrial.
- Director de Calidad: Responsable de la calidad en una planta.
- Director de Sistemas de Información: Responsable del departamento de tecnologías de información y comunicación, planificación y control de los sistemas de información.
- Director de Materiales (Inventario): Responsable del suministro, logística y mantenimiento de existencias y administración de materiales.
- Ingeniero de Procesos: Director/Ingeniero de procesos de producción, responsable para la automatización de la producción y los procesos de montaje.
- Responsable de Desarrollo de Productos: Responsable del desarrollo de productos.
- Jefe de Sección o Supervisor: Responsable que supervisa a varios empleados del área de producción.
- Mano de obra directa: Empleado de mano de obra directa del área de producción.

La mayoría de las preguntas fueron contestadas por varios informantes, de modo que se garantizaba una mayor fiabilidad de los datos. Los cuestionarios, que eran confidenciales, fueron devueltos directamente a los investigadores para su codificación y entrada de información en la base de datos HPM. Detalles adicionales de los procedimientos de recopilación de datos se puede encontrar en Liu et al. (2006), Huang et al. (2008) y Sanchis et al. (2009). Cerca del 60 % de las plantas industriales españolas decidieron participar en el estudio y suministraron la información pertinente mediante la cumplimentación de los cuestionarios para su análisis (Ortega, 2007). A la finalización del estudio, las diferentes plantas industriales participantes recibieron un informe que recogía el perfil de la planta indicando las puntuaciones medias obtenidas en relación con sus características, su rendimiento y las prácticas avanzadas de producción, así como información acerca de

comparativas medias sectoriales e intersectoriales a nivel nacional e internacional, medidas subjetivas y objetivas de rendimiento y análisis longitudinal sobre las prácticas.

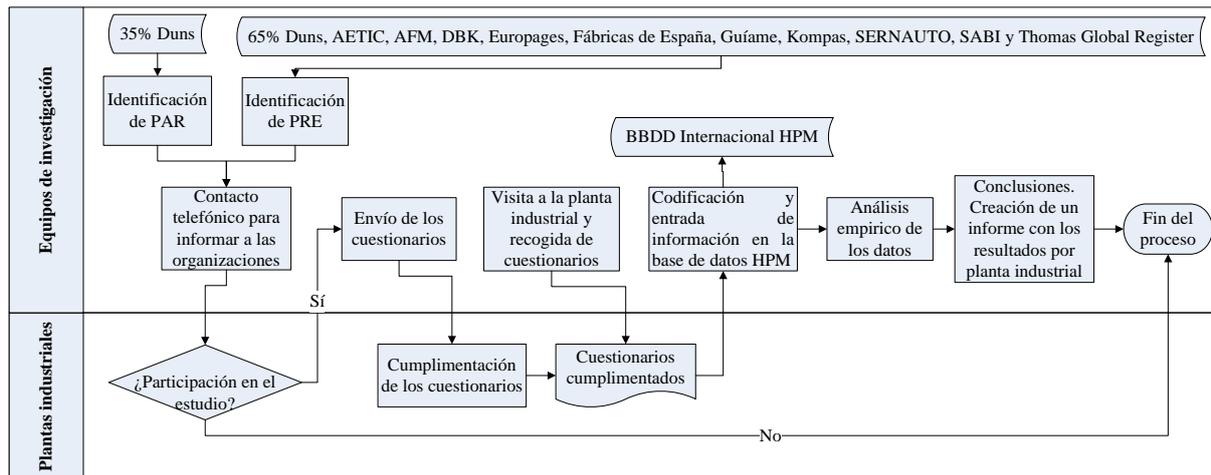


Figura 1. Marco metodológico de investigación del proyecto HPM.

El estudio HPM fue diseñado para recoger datos sobre las prácticas avanzadas de P1) Justo a Tiempo (JIT, *Just In Time*) y Teoría de Restricciones (TOC, *Theory of Constraints*, P2) Gestión de la Calidad Total (TQM, *Total Quality Management*), P3) Gestión de los Recursos Humanos (RRHH) y P4) Mantenimiento Productivo Total (TPM, *Total Productive Maintenance*), P5) Sistemas de información (TIC), P6) Estrategia de Fabricación, P7) Desarrollo de Nuevos Productos (NPD), P8) Gestión de la Cadena de Suministro (SCM) y P9) Tecnología (Tec.).

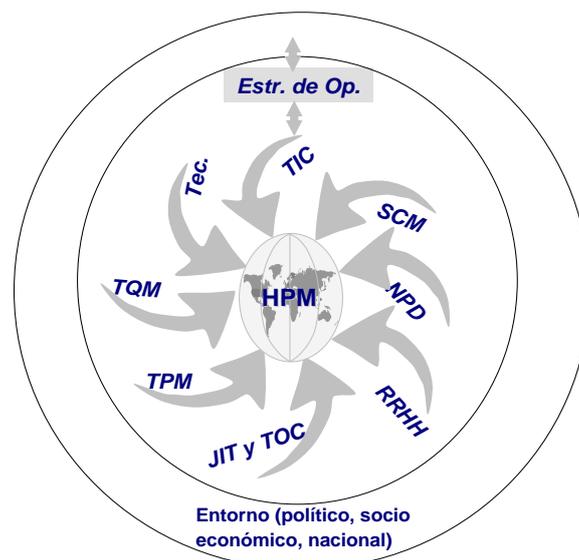


Figura 2. Esquema de las prácticas avanzadas de producción que engloba el proyecto HPM.

Este trabajo de investigación tan sólo abarca el análisis de la práctica P4 de Mantenimiento Productivo Total donde se examina el grado de implementación de los diferentes métodos de TPM en las dos tipologías de plantas industriales PAR y PRE. Los métodos de TPM analizados son los que se detallan a continuación (Abdallah y Matsui, 2007):

Tabla 2. Métodos de TPM analizados en el estudio.

Mantenimiento	La participación de los operarios de la planta en actividades de limpieza e inspección
---------------	--

Autónomo	de sus equipos así como su habilidad para detectar y tratar condiciones anormales en sus equipos.
Mantenimiento Preventivo	El uso de técnicas de diagnóstico para predecir la vida útil de los equipos, utilizando técnicas de análisis de averías y el rediseño de los equipos si fuese necesario.
Soporte al Mantenimiento	La disponibilidad de mantenimiento planificado, el mantenimiento de estándares en toda la planta, y sistemas fiables de información del mantenimiento.
Equipos de Mantenimiento	La disponibilidad de equipos multi-funcionales y pequeños grupos de resolución de problemas para hacer frente a la problemática de los equipos.

El objetivo principal es cuantificar el rendimiento global de las diferentes plantas y comparar ambos tipos de plantas. El estudio expuesto en este artículo utiliza la información proporcionada por una muestra de 179 plantas, debido a que las plantas industriales alemanas, austriacas y suecas no fueron clasificadas según su tipología en PAR y PRE. Información adicional sobre estudios del proyecto HPM que analizan las diferentes prácticas se pueden encontrar en von Mikulicz-Radecki (2006) que examina la P3 de gestión de recursos humanos, Bozarth et al. (2009) que analiza la P8 de gestión de la cadena de suministro, Hallgren et al. (2009) que explora la P6 de estrategias de fabricación, Ortega et al. (2009) que estudia las prácticas P1 y P2 de justo a tiempo y gestión de la calidad total, Ortega et al. (2009a) que estudia las prácticas P6 y P9 de estrategias de fabricación y tecnología y Sanchis et al. (2009) que contempla el análisis de la P2 de gestión de la calidad total.

3. Análisis de los resultados

Los cuestionarios de cada planta fueron agregados para obtener las valoraciones definitivas sobre cada uno de los métodos de la práctica TPM. Se realizaron diferentes análisis estadísticos con la finalidad de averiguar la relación existente entre la implementación de determinados métodos de TPM y el rendimiento de las plantas. La Tabla 1 recoge los resultados porcentuales de las tablas de contingencia entre las variables tipo de planta (PAR, PRE) y los diferentes métodos de TPM. Los niveles se establecieron definiendo 3 puntos de corte para la agrupación de la escala según la media de los valores +/-1 desviación típica. El nivel 1 agrupa las puntuaciones más bajas y el 4 las más altas en cada método. Los métodos en **negrita** y subrayados aparecen como los más correlacionados con el alto rendimiento.

Tabla 3. Resultados comparativos entre plantas PAR y PRE de métodos de TPM.

Métodos	Tipo	Nivel			
		1	2	3	4
Mantenimiento Autónomo	PRE	19,6%	33,7%	32,6%	14,1%
	PAR	12,6%	27,6%	42,5%	17,2%
Mantenimiento Preventivo	PRE	19,6%	39,1%	30,4%	10,9%
	PAR	8,0%	28,7%	39,1%	24,1%
Soporte al Mantenimiento	PRE	27,2%	31,5%	33,7%	7,6%
	PAR	10,3%	17,2%	46,0%	26,4%
Equipos de Mantenimiento	PRE	17,4%	33,7%	37,0%	12,0%
	PAR	13,8%	23,0%	37,9%	25,3%

Del mismo modo, se realiza el análisis de los datos anteriores realizando una comparativa entre plantas PAR y PRE de los métodos de TPM según los diferentes países del estudio (Tabla 4) y según los diferentes sectores (Tabla 5).

Corea del Sur, Italia y Estados Unidos son los países que mayor diferenciación presentan en la aplicación de métodos de TPM entre sus plantas PAR y PRE. Siguiendo la tendencia de los resultados mostrados en la Tabla 4, se verifica que el Soporte al Mantenimiento es el método más implementado en las plantas PAR en todos los países del estudio con excepción de Corea del Sur que no sigue las mismas directrices ya que su método más implementado en plantas PAR es el Mantenimiento Preventivo. En el caso del segundo método de TPM más diferenciado entre PAR y PRE, que es el Mantenimiento Preventivo, se verifica en la mayoría de países del estudio: España, Estados Unidos, Finlandia y Japón. Para Corea del Sur, el Mantenimiento Autónomo y para Italia, los Equipos de Mantenimiento, son los que ocupan el segundo lugar. Por tanto, la mayoría de los países del estudio presentan la misma tendencia a excepción de Corea del Sur e Italia (en menor medida) que muestran ciertas desviaciones.

Si el análisis se realiza por sectores, el Soporte al Mantenimiento y el Mantenimiento Preventivo (por orden de importancia) son los métodos de TPM en el que mayores diferencias existen entre plantas PAR y PRE, tanto en el sector de la automoción como en el de la electrónica. Mientras que en el caso del sector de maquinaria, el método de TPM de mayor importancia para las plantas PAR son los Equipos de Mantenimiento, seguido del Soporte al Mantenimiento. El sector que presenta mayor correlación con el alto rendimiento es el sector de la automoción.

Con objeto de comprobar para qué métodos de TPM, las dos muestras de PAR y PRE presentan medias diferenciadas, se aplicó la prueba de Levene para la igualdad de varianzas y la prueba T para la igualdad de medias obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 6.

De estos resultados se desprende que los métodos para los que se aprecia una diferencia en las medias (en negrita y subrayados) coinciden con el análisis comparativo anterior, obteniendo que los métodos de Mantenimiento Preventivo y, sobre todo, el Soporte al Mantenimiento son los métodos utilizados en mayor medida por las plantas PAR.

Se realizó la misma prueba para los diferentes sectores y el resultado mostró que el grado de implantación de los métodos de TPM varía dependiendo del tipo de industria. El sector de automoción, en primer lugar, y el sector de la electrónica, en segundo lugar, son los sectores que siguen las pautas generales del estudio, es decir sus plantas PAR presentan una implantación mayor de los métodos de TPM (Mantenimiento Preventivo, Soporte al Mantenimiento) que las plantas PRE. En el caso del sector de la automoción, también aparecen diferencias significativas entre PAR y PRE en la resolución de problemas mediante los Equipos de Mantenimiento. Mientras que el sector de maquinaria no presenta distinciones relevantes entre sus plantas PAR y PRE en ninguno de los métodos de TPM. Por tanto es el sector de la automoción el que muestra una mayor diferenciación del nivel de implantación de métodos relativos a TPM entre la distinta tipología de plantas industriales.

Tabla 4. Resultados comparativos entre plantas PAR y PRE de métodos de TPM según los diferentes países del estudio.

Métodos de TPM	Tipo	Corea del Sur				España				Estados Unidos				Finlandia				Italia				Japón			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mantenimiento Autónomo	PRE	7,7%	38,5%	23,1%	30,8%	21,4%	28,6%	50,0%	0,0%	28,6%	35,7%	28,6%	7,1%	15,0%	15,0%	45,0%	25,0%	35,7%	42,9%	14,3%	7,1%	11,8%	47,1%	29,4%	11,8%
	PAR	0,0%	5,6%	66,7%	27,8%	14,3%	35,7%	21,4%	28,6%	13,3%	40,0%	33,3%	13,3%	0,0%	20,0%	60,0%	20,0%	46,2%	23,1%	23,1%	7,7%	5,9%	41,2%	47,1%	5,9%
Mantenimiento Preventivo	PRE	15,4%	38,5%	23,1%	23,1%	7,1%	42,9%	50,0%	0,0%	42,9%	14,3%	14,3%	28,6%	5,0%	50,0%	30,0%	15,0%	14,3%	42,9%	42,9%	0,0%	35,3%	41,2%	23,5%	0,0%
	PAR	0,0%	11,1%	66,7%	22,2%	14,3%	28,6%	28,6%	28,6%	6,7%	33,3%	20,0%	40,0%	0,0%	40,0%	50,0%	10,0%	15,4%	23,1%	38,5%	23,1%	11,8%	41,2%	29,4%	17,6%
Soporte al Mantenimiento	PRE	7,7%	23,1%	53,8%	15,4%	21,4%	21,4%	50,0%	7,1%	42,9%	28,6%	28,6%	0,0%	20,0%	50,0%	20,0%	10,0%	64,3%	21,4%	14,3%	0,0%	11,8%	35,3%	41,2%	11,8%
	PAR	0,0%	22,2%	55,6%	22,2%	0,0%	21,4%	42,9%	35,7%	20,0%	20,0%	40,0%	20,0%	10,0%	20,0%	40,0%	30,0%	30,8%	7,7%	53,8%	7,7%	5,9%	11,8%	41,2%	41,2%
Equipos de Mantenimiento	PRE	23,1%	38,5%	23,1%	15,4%	0,0%	14,3%	71,4%	14,3%	7,1%	42,9%	35,7%	14,3%	15,0%	25,0%	55,0%	5,0%	35,7%	42,9%	7,1%	14,3%	23,5%	41,2%	23,5%	11,8%
	PAR	0,0%	22,2%	50,0%	27,8%	7,1%	14,3%	35,7%	42,9%	6,7%	13,3%	46,7%	33,3%	0,0%	40,0%	30,0%	30,0%	30,8%	23,1%	38,5%	7,7%	35,3%	29,4%	23,5%	11,8%

Tabla 5. Resultados comparativos entre plantas PAR y PRE de métodos de TPM según los diferentes sectores del estudio.

Métodos de TPM	Tipo	Automoción				Electrónica				Maquinaria			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mantenimiento Autónomo	PRE	31,2%	28,1%	25,0%	15,6%	16,1%	29,0%	38,7%	16,1%	10,3%	44,8%	34,5%	10,3%
	PAR	7,1%	17,9%	46,4%	28,6%	16,1%	25,8%	41,9%	16,1%	14,3%	39,3%	39,3%	7,1%
Mantenimiento Preventivo	PRE	12,5%	43,8%	34,4%	9,4%	19,4%	41,9%	32,3%	6,5%	27,6%	31,0%	24,1%	17,2%
	PAR	0,0%	14,3%	39,3%	46,4%	3,2%	38,7%	45,2%	12,9%	21,4%	32,1%	32,1%	14,3%
Soporte al Mantenimiento	PRE	28,1%	31,2%	34,4%	6,2%	25,8%	29,0%	35,5%	9,7%	27,6%	34,5%	31,0%	6,9%
	PAR	0,0%	7,1%	53,6%	39,3%	9,7%	19,4%	38,7%	32,3%	21,4%	25,0%	46,4%	7,1%
Equipos de Mantenimiento	PRE	15,6%	28,1%	43,8%	12,5%	22,6%	22,6%	41,9%	12,9%	13,8%	51,7%	24,1%	10,3%
	PAR	0,0%	14,3%	50,0%	35,7%	16,1%	32,3%	19,4%	32,3%	25,0%	21,4%	46,4%	7,1%

Tabla 6. Prueba T para la igualdad de medias de métodos de TPM.

Métodos de TQM	Prueba T para la igualdad de medias						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
						Inferior	Superior
Mantenimiento Autónomo	1,34	175	0,181	0,10307	0,07673	-0,04836	0,25450
Mantenimiento Preventivo	3,41	176	0,001	0,24288	0,07118	0,10242	0,38335
Soporte al Mantenimiento	4,65	175	0,000	0,50093	0,10754	0,28870	0,71316
Equipos de Mantenimiento	1,87	170	0,063	0,17835	0,09538	-0,00994	0,36663

Se realizaron las mismas pruebas estadísticas para los diferentes medibles de rendimiento de las plantas industriales, estudiando las diferencias de rendimiento entre plantas industriales PAR y PRE, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 7. Prueba T para la igualdad de medias de las diferentes medidas de rendimiento.

Medidas de rendimiento	Prueba T para la igualdad de medias						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
						Inferior	Superior
Fabricación por unidad de coste	1,76	153	0,080	0,23202	0,13160	-0,02798	0,49201
<u>Conformidad con las especificaciones del producto</u>	2,55	161	0,012	0,28345	0,11131	0,06364	0,50327
<u>Rendimiento en el tiempo de entrega</u>	2,57	161	0,011	0,33554	0,13037	0,07810	0,59299
Entrega rápida	0,63	162	0,532	0,08333	0,13314	-0,17958	0,34625
<u>Flexibilidad en los cambios en el mix de productos</u>	2,46	159	0,015	0,28684	0,11672	0,05632	0,51736
<u>Rotación de inventarios</u>	2,31	156	0,022	0,31346	0,13563	0,04555	0,58137
Ciclo de vida (desde las materias primas hasta la entrega de productos)	1,71	156	0,089	0,20032	0,11723	-0,03125	0,43189
Velocidad en la introducción de nuevos productos en la planta	1,93	158	0,056	0,27500	0,14258	-0,00660	0,55660
<u>Capacidad y rendimiento de los productos</u>	2,15	159	0,033	0,25864	0,12060	0,02046	0,49682
<u>Lanzamiento a tiempo de nuevos productos</u>	2,29	156	0,024	0,31987	0,13995	0,04343	0,59631
<u>Innovación de los productos</u>	2,98	157	0,003	0,43354	0,14549	0,14618	0,72091
<u>Apoyo y servicio al cliente</u>	2,64	162	0,009	0,35476	0,13447	0,08921	0,62031

Las medidas de rendimiento según el sector siguen la misma tendencia observada en el análisis de la implantación de métodos TPM. El rendimiento de los diferentes sectores sigue las mismas pautas y está alineado a las diferencias entre el grado de implementación de los métodos de TPM entre PAR y PRE.

En el sector de automoción, las medidas de rendimiento en las cuales las plantas industriales PAR poseen una eficiencia mayor que las PRE son flexibilidad en los cambios en el mix de

productos, lanzamiento a tiempo de nuevos productos, innovación de los productos y apoyo y servicio al cliente.

El sector de electrónica es el que presenta mayor cantidad de medidas de rendimiento diferenciadas según la tipología de las plantas industriales. La conformidad con las especificaciones del producto, la rotación de inventarios, la velocidad en la introducción de nuevos productos en la planta, la capacidad y rendimiento de los productos, el lanzamiento a tiempo de nuevos productos, la innovación de los productos y el apoyo y servicio al cliente, son las variables de rendimiento más diferenciadas entre plantas industriales PAR y PRE.

Finalmente, el sector de maquinaria no presenta diferencias significativas entre la distinta tipología de plantas industriales. Por ello, el estudio revela que el rendimiento entre las plantas PAR y PRE es muy similar.

4. Conclusiones

El análisis realizado muestra que existen diferencias significativas entre el grado de implementación de los métodos TPM entre la diferente tipología de plantas industriales. La mayoría de los países del estudio siguen la misma tendencia general, que describe que la mayor diferenciación entre plantas PAR y PRE se presenta en los métodos de TPM de Soporte al Mantenimiento y Mantenimiento Preventivo. Aunque para Corea del Sur, el primer lugar lo ocupa el Mantenimiento Predictivo y el segundo lugar el Mantenimiento Autónomo. Italia, sigue las mismas pautas con el Soporte al Mantenimiento, aunque los Equipos de Mantenimiento son el segundo método que mayor diferencias entre PAR y PRE muestra.

El análisis por sectores evidencia que tanto las plantas industriales de la automoción como del sector de la electrónica, siguen la misma tendencia y es el sector de maquinaria en el que los Equipos de Mantenimiento cobran mayor importancia en sus plantas de alto rendimiento.

Por todo ello, destacar que las plantas industriales correlacionadas con el alto rendimiento suelen tener una gran disponibilidad para el Soporte al Mantenimiento, mediante el conjunto sistemático de actividades programadas, así como el Mantenimiento Preventivo, con la utilización de técnicas de diagnóstico y desarrollo de ingeniería, con el objetivo de reducir las probabilidades de averías, así como facilitar y reducir los costes de mantenimiento.

Por último, señalar que también se encuentran diferencias significativas en las diversas variables de rendimiento, encontrando mayores discrepancias en el sector de la automoción, seguido del sector de la electrónica y siendo casi inexistentes en el sector de maquinaria. Las diferencias siguen la misma tendencia que el grado de implementación de métodos TPM, aunque las diferencias en el rendimiento entre plantas PAR y PRE, a parte del impacto de los métodos de la práctica avanzada de TPM, también pueden ser debidas al grado de implementación de otras de las prácticas avanzadas de producción consideradas en la HPM.

5. Líneas futuras de trabajo

El desarrollo del presente estudio revela el interés en analizar las relaciones existentes entre los diferentes métodos de TPM y su impacto directo en las variables de rendimiento. Además, el estudio de las variables contextuales de las plantas industriales (tamaño medio de las plantas, porcentajes de utilización de las plantas, tipos de procesos de fabricación y tipo de equipos utilizados en las plantas entre otros) y su relación con los diferentes métodos de la práctica avanzada de TPM, puede ayudar a describir la situación contextual de la muestra analizada por sectores.

Finalmente, destacar que un análisis combinado de la implantación de todas las prácticas ofrecería una mejor visión de su impacto en el rendimiento de las plantas y de las diferencias observadas entre las PAR y las PRE.

Referencias

- Abdallah, A.B.; Matsui, Y. (2007). JIT and TPM: Their Relationship and Impact on JIT and Competitive Performances. The 9th International Asian-Pacific Decision Sciences Conference, Bangkok, Thailand, July 11 - 15, 2007.
- Bozarth, C.C., Warsing, D.P., Flynn, B.B., Flynn, E.J. (2009). The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance. *Journal of Operations Management*, Vol. 27, pp. 78–93
- Chan, F.T.S.; Lau, H.C.W.; Ip, R.W.L.; Chan, H.K; Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, Vol. 95, pp. 71–94.
- Hallgren, M.; Olhager, J. (2009). Lean and agile manufacturing: external and internal drivers and performance outcomes. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 29, No. 10, pp. 976-999.
- Huang, X.; Kristal, M.M.; Schroeder, R.G. (2008). Linking learning and effective process implementation to mass customization capability. *Journal of Operations Management*, Vol. 26, pp. 714–729.
- Liu, G., Shah, R., Schroeder, R.G. (2006). Linking work design to mass customization: a sociotechnical systems perspective. *Decision Sciences*, Vol. 37, No. 4, pp. 519–545.
- Mobley, R.K. (1990). *An Introduction to Predictive Maintenance*. Van Nostrand Reinhold.
- Ortega, C.H. (2007). *Interrelación Estrategia de Operaciones-Tecnología y su Impacto sobre el Rendimiento de Producción: Análisis Empírico Sectorial en el Proyecto HPM Internacional*. Tesis de la Universidad de Sevilla – Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.
- Ortega, C.H.; Machuca, J.A.D.; Garrido, P.; Canales, M.A. (2009). Complementing View of Interaction Fit for Production and Operations Management. Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2009) “Energy and Technology for the Americas: Education, Innovation, Technology and Practice”, San Cristóbal, Venezuela, June 2-5, 2009.
- Ortega, C.H.; Machuca, J.A.D.; Garrido, P.; Pérez Díez de los Ríos; J.L. (2009a). Manufacturing Strategy and Technology Interaction: Fit Line & Impact. 20th Annual Conference of Production and Operation Management Society, Orlando, Florida U.S.A., May 1-4, 2009
- Sanchis, R.; Poler, R.; Mula, J.; Peidro, D. (2009). Análisis del impacto de la Gestión de la Calidad Total en la Fabricación de Alto Rendimiento. 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management - XIII Congreso de Ingeniería de Organización, Barcelona-Terrassa, September 2-4, 2009.
- Schroeder, R.; Flynn, B. (2001). *High Performance Manufacturing*, John Wiley & Sons, Inc.