

El Value Stream Mapping en entornos con alta variedad de productos e inestabilidad de la demanda

Patxi Ruiz de Arbulo López¹, Pablo Díaz de Basurto Uraga¹

¹Departamento de Organización de Empresas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao (Bizkaia). Universidad del País Vasco. Almd. Urquijo, s/n. 48013 Bilbao. patxi.ruizdearbulo@ehu.es, pablo.diazdebasurto@ehu.es

Resumen

El Value Stream Mapping (VSM) es una herramienta desarrollada por Rother y Shook para avanzar hacia la producción lean. Desde sus inicios ha tenido mucho éxito pero presenta limitaciones para ayudar a empresas con alta variedad de productos e inestabilidad de la demanda. En 2002, Kevin Duggan desarrolló una herramienta (el Mixed Model Value Stream) para abordar dicha problemática. En este trabajo se analiza la aplicabilidad de esta herramienta. El método de investigación utilizado ha sido la simulación. Para ello se ha simulado un caso general de una empresa con variedad de productos y alta inestabilidad de la demanda. El software utilizado para tal fin ha sido Arena ©.

Palabras clave: Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Mixed Model

1. Problemática

Hoy en día el entorno de la mayoría de las empresas industriales está caracterizado por una alta rivalidad, velocidad en los cambios y una inestabilidad de la demanda (Marín y Delgado, 2000). En este entorno las empresas aplican los principios de la gestión ajustada o *lean*, abandonando las técnicas tradicionales propias de otros contextos.

Desde que Taichi Ohno crease el Sistema de Producción Toyota se han ido desarrollando distintas técnicas para conseguir las metas fundamentales de dicho sistema de producción: minimizar constantemente los despilfarros y alcanzar un nivel de flexibilidad. (Cuatrecasas, 2006)

En 1998 Mike Rother y John Shook desarrollaron una herramienta, el *Value Stream Mapping* (VSM), para hacer progresos hacia la producción ajustada o *lean*. (Rother y Shook, 1998)

El VSM es una herramienta gráfica cuyo propósito es visualizar el flujo del proceso que sigue una familia de productos desde los proveedores hasta los clientes, así como el flujo de información desde los clientes a los proveedores de materias primas pasando por el departamento de planificación de la producción de la empresa, todo ello mediante un código preestablecido.

Una vez que la empresa traza el VSM de su situación actual (VSM actual) y reconoce las áreas de desperdicio o despilfarro, el siguiente paso (y elemento clave del VSM) es identificar

las oportunidades de mejora, generando el también denominado VSM futuro. Todo esto se realiza aplicando una metodología propuesta por los autores del VSM (Serrano, 2005).

El VSM desde su inicio ha tenido mucho éxito y ha servido para ayudar a las empresas a:

- producir lo que tienen que producir cada día.
- una fabricación en flujo continuo en toda la empresa, de modo que los clientes internos y externos reciban el producto correcto, en el momento correcto y en la cantidad correcta.
- distribuir la producción niveladamente, en volumen y variedad, para reducir los *stocks* de todo tipo y permitir trabajar en pequeños lotes según los pedidos de los clientes.

Sin embargo, muchas empresas con alta variedad de productos e inestabilidad de la demanda tienen dificultad para desarrollar su estado futuro aplicando exclusivamente la metodología expuesta por sus creadores. Estas empresas demandan herramientas adicionales que ayuden a avanzar a un estado *lean* óptimo.

Kevin J. Duggan ha desarrollado una metodología para empresas con esta problemática de alta variedad de productos, con tiempos de ciclo distintos y con demanda inestable, el *Mixed Model Value Stream* (Duggan, 2002)

2. El *Mixed Model Value Stream*

El *Mixed Model Value Stream* (MMVS) o mapeo del flujo de valor para producción mezclada, es una metodología desarrollada por Kevin Duggan (2002) con objeto de ayudar a las empresas que tienen gran variedad de productos, con tiempos de ciclo diferentes y alta inestabilidad de la demanda a producirlos a lo largo de la misma cadena de valor (*value stream*) y con bajo nivel de despilfarros.

En el gráfico de la figura 1 se muestra un ejemplo de una empresa con alta variabilidad en la demanda.

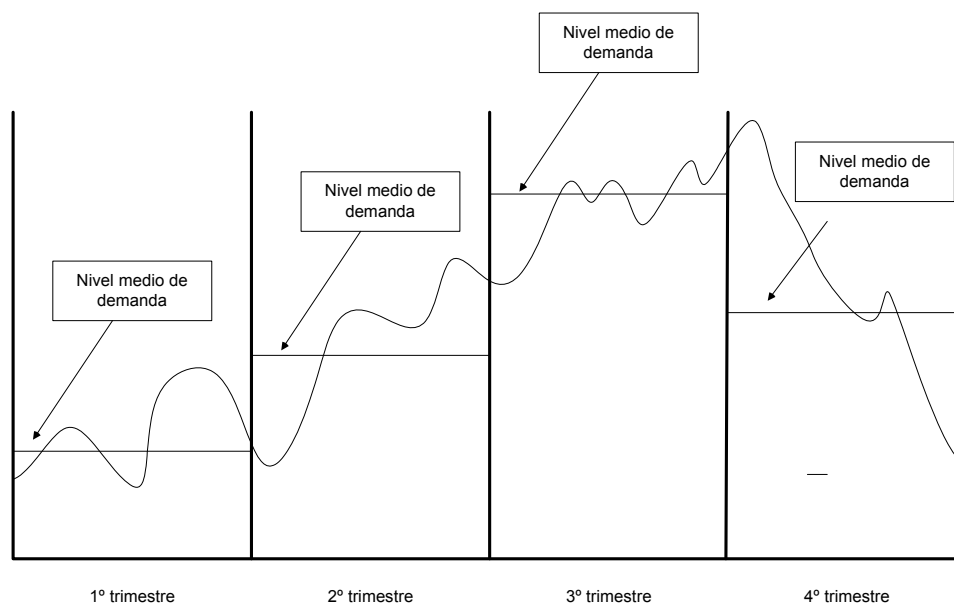


Figura 1. Ejemplo de empresa con alta variabilidad de la demanda

La metodología de K. Duggan se fundamenta en la aplicación secuenciada de las siguientes etapas: (Duggan, 2002)

2.1. Mapeo del flujo de valor de la situación inicial

En esta etapa, mediante la metodología del *Value Stream Mapping* (Rother y Sook, 1998), se traza el mapa de la situación inicial.

2.2. Value Stream Mapping o mapeo de la situación futura

En esta segunda etapa se trata de diseñar el mapa futuro con el objeto de que sea lo más ajustado posible o *lean*. La metodología que propone Duggan para desarrollar el mapa futuro de empresas con alta variedad de productos, tiempos de ciclo diferentes e inestabilidad de la demanda es la siguiente: (Duggan, 2002)

- Determinación de las familias de productos.
- Selección de una familia de productos y mapeado de su estado actual (VSM actual).
- Identificación de *loop* (o lazo) dentro del VSM actual. Un *loop* agrupa aquellos procesos de un flujo productivo que se pueden agrupar, sin que se den interrupciones del citado flujo entre ellos.
- Una vez identificados los diferentes *loop*, se empezará por aquel que agrupa los recursos que pueden dedicarse por completo a la familia de productos con objeto de obtener un flujo continuo y que a su vez sean los procesos que marcan el ritmo de producción o *pacemaker*.

Dentro de este *loop* donde se seguirán las siguientes pautas:

Ajustar la producción al *takt time*.

Determinación de los equipos necesarios para cumplir el *takt time*.

Definición del intervalo de tiempo que permite procesar todas las piezas de la familia de productos. (EPEI – *every part every interval*)

Elaboración de los gráficos de balanceo para cada producto de forma separada, balanceando cada puesto de trabajo al tiempo de ciclo planificado⁵⁵.

Equilibrado del “mix” de producción para una demanda inestable.

Estandarización del trabajo.

El punto de equilibrado del mix de producción es el elemento clave de la metodología del *Mixed Model Value Stream*.

⁵⁵ Un buen tiempo de ciclo planificado suele ser del 92 al 95 por ciento del *takt time*.

El MMVS plantea 4 posibles soluciones para abordar este problema:

- 1. Cuando nos encontramos ante un caso de baja variabilidad de la demanda.
- 2. Cuando nos encontramos ante un caso de baja variabilidad de la demanda y el proceso regulador de la producción no se encuentra al final del proceso.
- 3. Con alta variabilidad de la demanda.
- 4. Con alta variabilidad de la demanda y cortos plazo de entrega de los pedidos.

3. Propósito de la investigación

La herramienta del *Value Stream Mapping* creada por Rother y Shook es una herramienta muy válida para avanzar hacia la producción ajustada, pero sin embargo tiene una serie de limitaciones ya que se ha centrado principalmente en empresas muy similares a los casos de los suministradores de Toyota, donde: (Duggan, 2002)

- Se producen pocas variaciones en los productos (cada 2 / 3 años cambios menores y cada 4 y 6 cambios de diseño).
- Producen un número de piezas limitadas, es decir, aunque haya decenas de miles de configuraciones de vehículos, éstas están hechas de combinaciones de unas pocas opciones de cada pieza / componente.
- Cuentan con programas de producción muy bien nivelados, ya que Toyota hace siempre el mismo número y mezcla de coches cada día. Esto lleva a una demanda, a sus suministradores, nivelada.

En el año 2002, Duggan desarrolló una herramienta, el *Mixed Model Value Stream* (MMVS) para intentar dar una respuesta a estas limitaciones del VSM tradicional.

Dado lo reciente de la herramienta, en la revisión bibliográfica realizada no se ha encontrado ningún estudio científico que analice la verdadera aplicabilidad del *Mixed Model Value Stream*, para entornos de producción multiproducto y alta variabilidad de la demanda de un periodo a otro. Por este motivo, el principal objetivo de este trabajo ha sido analizar la aplicabilidad de esta nueva herramienta.

4. Metodología de la investigación

La metodología utilizada para validar la aplicabilidad de la herramienta MMVS ha sido simular un caso general de una empresa con variedad de productos y alta inestabilidad de la demanda. El software utilizado para tal fin ha sido Arena © de Rockwell Software (www.arenasimulation.com), que ofrece una gran versatilidad a la hora de desarrollar modelos de simulación, tanto discretos como continuos.

5. Caso de validación de la aplicabilidad del *Mixed Model Value Stream*

5.1. Introducción

El caso utilizado para validar la metodología del MMVS es el de una empresa industrial que produce una alta variedad de productos. Cuenta con los siguientes procesos: estampación,

moldeo, soldadura, montajes eléctricos, montajes mecánicos, rebabado, pintado y verificado. En la actualidad estos procesos están organizados por departamentos (distribución funcional o por talleres).

Algunos problemas habituales que padece la empresa son: gran cantidad de despilfarros y poca flexibilidad para adaptarse a los cambios de demanda.

- Por estas razones la empresa se ha decidido implementar la metodología *Mixed Model Value Stream*.

5.2. Definición de las familias de productos, tiempos ciclo y demanda diaria.

Después de aplicar diversas metodologías con objeto de agrupar productos con procesos similares en la empresa se ha obtenido tres familias de productos. En este trabajo nos centraremos en una de las familias de productos formada por 9 productos diferentes. La demanda de cada producto es aleatoria siguiendo una distribución uniforme y los clientes envían sus pedidos con un plazo de entrega inferior a dos días.

De cara a analizar la flexibilidad del sistema productivo se han considerado 4 periodos de demanda diferentes.

El proceso productivo consta de la siguientes fases: soldadura, ensamblaje mecánico, ensamblaje eléctrico, ensamblaje final y test.

A continuación se presenta una tabla con la familia de productos seleccionada, en la que se incluye información de tiempos-proceso (suma de los tiempos ciclo en cada proceso) y demanda diaria.

Tabla 1. Tiempos proceso y demanda diaria para cada periodo

Código producto	Tiempo proceso	Demanda diaria de cada periodo. Tipo de distribución de la demanda: Uniforme			
		1er período	2º período	3er período	4º período
A	110	(58,5 - 71,5)	(85,5 - 105,0)	(40,5 - 49,5)	(49,5 - 60,5)
B	110	(76,5 - 93,5)	(76,5 - 93,5)	(58,5 - 71,5)	(59,4 - 72,6)
C	100	(31,5 - 38,5)	(31,5 - 38,5)	(13,5 - 16,5)	(27,0 - 33,0)
D	110	(63,0 - 77,0)	(63,0 - 77,0)	(45,0 - 55,0)	(54,0 - 66,0)
E	105	(45,0 - 55,0)	(45,0 - 55,0)	(27,0 - 33,0)	(36,0 - 44,0)
F	90	(49,5 - 60,5)	(49,5 - 60,5)	(31,5 - 38,5)	(40,5 - 49,5)
G	200	(18,0 - 22,0)	(18,0 - 22,0)	(13,5 - 16,5)	(13,5 - 16,5)
H	100	(22,5 - 27,5)	(22,5 - 27,5)	(13,5 - 16,5)	(18,0 - 22,0)
I	110	(40,5 - 49,5)	(40,5 - 49,5)	(22,5 - 27,5)	(31,5 - 38,5)

5.3. Mapeado de la situación futura mediante la herramienta *Mixed Model Value Stream*

Implantación de los procesos en flujo continuo eliminando los despilfarros

En el caso de estudio, los productos ya avanzan en flujo pero con la metodología del MMVS se intentará que además avancen de forma equilibrada, eliminando despilfarros de tiempos de espera o *stocks* en curso.

Demandas medias de cada periodo y cálculo del takt time.

Una vez implantados los pasos del MMVS para eliminación de los despilfarros, el siguiente paso es avanzar hacia la *flexibilidad*, de tal forma que el tiempo de ciclo pueda adaptarse al *takt time* de cada periodo.

La flexibilidad es una de las características más difíciles de alcanzar (Cuatrecasas, 2006). La metodología que propone Duggan es producir cada periodo la media de la demanda del mismo e introducir un pequeño supermercado de cada producto que pueda soportar la diferencia entre lo demandado realmente por el cliente y lo producido durante ese periodo. Duggan señala que el tamaño del supermercado debe variar dependiendo de en qué periodo de demanda se encuentre la empresa.

En la tabla 2 se indican las demandas medias de cada periodo así como el *takt time* que corresponde cada uno de ellos, considerando un tiempo disponible de 15 horas diaria y un tiempo de no disponibilidad del 5%.

Tabla 2. Demanda diaria media de cada periodo y takt time en segundos

Código producto	Demanda media diaria			
	1er período	2º período	3er período	4º período
A	65	95	45	55
B	85	115	65	66
C	35	65	15	30
D	70	100	50	60
E	50	80	30	40
F	55	90	35	45
G	20	50	15	15
H	25	45	15	20
I	45	85	25	35
takt time	114	71	174	140

Número de operarios necesarios

El MMVS indica que cuando en un caso como el actual en el que los pedidos de los clientes deben entregarse en un plazo inferior a dos días la mejor opción es balancear cada producto al tiempo *takt time*. Esto supone añadir o quitar operarios dependiendo del producto que se esté fabricando. La ventaja que aporta este diseño es que la velocidad es constante a lo largo del *value stream* o cadena de valor. La desventaja es que hay que añadir o quitar operarios. Para evitar este inconveniente, la metodología MMVS sugiere que lo mejor es fabricar juntos

aquellos productos que necesitan igual número de trabajadores y ésta es una buena forma de organizar a los operarios.

El número de operarios necesarios según el producto de que se trate se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Número de operarios necesarios

Código producto	Número de operarios			
	1er período	2º período	3er período	4º período
A	1	2	1	1
B	1	2	1	1
C	1	1	1	1
D	1	2	1	1
E	1	2	1	1
F	1	2	1	1
G	1	1	1	1
H	1	1	1	1
I	1	2	1	1

5.4. Simulación

A continuación, una vez realizado el mapa de la situación futura, habiendo aplicado la herramienta *Mixed Model Value Stream* se procedió a validar dicho modelo mediante simulación. Para ello se modeló el mapa de la situación futura en la herramienta Arena ©.

Datos de entrada

Se han simulado 16 días de demanda, considerando que la demanda durante los primeros cuatro día sigue las distribuciones del primer periodo, los cuatro siguientes las del segundo periodo y así hasta el cuarto periodo, según la tabla 1.

Los datos de demanda generados mediante el método de simulación de Montecarlo han sido los siguientes:

Tabla 4. Datos de demanda por producto y día

	Productos									Total diario
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Dia 1	70	87	38	70	54	51	20	25	43	458
Dia 2	68	82	36	69	55	53	20	25	46	454
Dia 3	68	80	36	67	48	53	20	28	43	443
Dia 4	60	91	37	70	54	50	21	27	44	454
Dia 5	103	124	67	99	83	98	55	46	90	765
Dia 6	101	120	72	98	85	94	55	46	81	752
Dia 7	97	119	69	91	73	88	52	49	79	717
Dia 8	95	125	71	91	83	83	53	50	84	735
Dia 9	45	66	16	48	32	34	16	15	26	298
Dia 10	47	69	15	49	32	37	16	14	25	304
Dia 11	45	66	16	52	32	38	15	17	27	308
Dia 12	46	59	16	53	29	36	15	16	25	295
Dia 13	54	72	31	62	38	43	17	20	36	373
Dia 14	61	70	30	63	38	50	17	20	38	387
Dia 15	51	69	31	66	38	41	14	20	32	362
Dia 16	52	72	32	55	38	41	17	22	38	367

En el gráfico 1, se puede observar la variabilidad de la demanda.

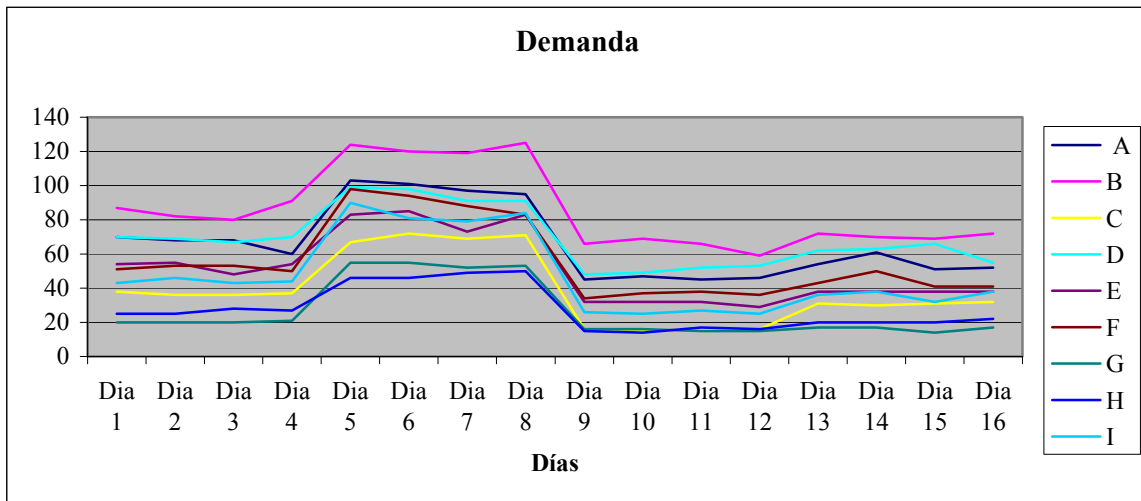


Gráfico 1. Análisis de la demanda

Resultados obtenidos

Después de simular durante 16 períodos las unidades fabricadas según ARENA han sido las siguientes (ver tabla 5)

Tabla 5. Unidades fabricadas

Día	Unidades fabricadas								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	65	85	35	70	50	51	20	25	43
2	65	84	35	69	50	53	20	25	46
3	65	80	35	67	50	53	20	25	43
4	65	91	35	70	50	50	20	25	44
5	96	116	66	99	81	98	51	46	90
6	95	115	65	98	80	94	50	45	81
7	95	115	65	91	80	88	50	45	79
8	95	115	65	91	80	83	50	45	84
9	45	65	15	48	30	34	15	15	26
10	45	65	15	49	30	37	15	15	25
11	45	65	15	52	30	38	15	15	27
12	45	65	15	53	30	36	15	15	25
13	56	67	31	62	41	43	15	21	36
14	55	66	30	63	40	50	15	20	38
15	55	66	30	66	40	41	15	20	32
16	55	66	30	55	40	41	15	20	38

Se ha realizado un seguimiento de cada uno de los productos para comprobar si se ha podido atender a la demanda de los clientes diariamente sin entrar en rotura de *stock* y el resultado ha sido que se ha atendido correctamente la demanda de los clientes, partiendo de un inventario inicial en torno a 40 unidades para cada producto.

El gráfico 2 muestra la evolución de los *stocks* de cada producto a lo largo de los 16 periodos analizados.

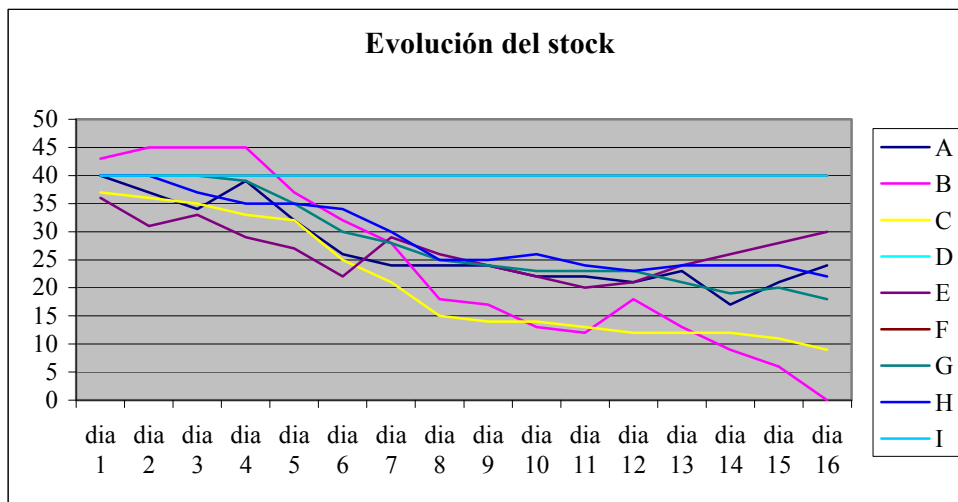


Gráfico 2. Análisis del *stock*

5.5. Conclusiones

Después de realizado este trabajo se pueden sacar la siguientes conclusiones.

- Existe una necesidad de disponer de una herramienta similar al *Value Stream Mapping* para abordar casos de empresas con alta variedad de productos e inestabilidad de la demanda.
- El *Mixed Model Value Stream* se presenta como una herramienta apropiada para cubrir esta necesidad.
- El MMVS ha resultado ser válido a través de un caso con las limitaciones que esto pueda tener.
- El MMVS dota al modelo de producción de la flexibilidad adecuada para atender a los cambios de demanda.
- El MMVS complementa a la herramienta *Value Stream mapping*.

Referencias

Cuatrecasas, Ll. (2006). *Claves de Lean Management*. Gestión 2000.

Duggan, K. (2002). *Creating mixed model value streams*. Productivity Press.

Marin, F., Delgado, J. (2000). “Las técnicas justo a tiempo y su repercusión en los sistemas de producción”. *Economía Industrial*, 331:35-41.

Rother, M.; Shook, J. (1998). *Leaning too See*. The Lean Enterprise Institute.

Serrano, I. (2007). *Análisis de la aplicabilidad de la técnica Value Stream Mapping en el rediseño de sistemas productivos*. Tesis Doctoral.