

INCLUYE BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL

"Un manual para la iniciación en el pensamiento Lean destinado a todas aquellas personas interesadas en la mejora continua"



INTRODUCCIÓN

A LEAN

Principios para crear valor, eliminar despilfarros
y transformar su empresa

JOSE MIGUEL VIVES

Introducción a Lean

**Principios para crear valor, eliminar
despilfarros y transformar su empresa**

Jose Miguel Vives Martinez

This book is for sale at <http://leanpub.com/introduccionalean>

This version was published on 2012-12-02

This is a Leanpub book. Leanpub helps authors to self-publish in-progress ebooks. We call this idea Lean Publishing.

To learn more about Lean Publishing, go to
<http://leanpub.com/manifesto>.

To learn more about Leanpub, go to <http://leanpub.com>.



©2012 Leanpub

A M^a José. Inspiradora y compañera. Gracias por todo.

Índice general

Prefacio	i
Introducción	iii
Objetivo	iii
Cómo utilizar este libro	v
Para quién es	vi
Sobre la terminología	vii
Capítulo 1. Historia	1
Orígenes y desarrollo	1
La hora de los japoneses. El pensamiento Lean.	8
NUMMI: la prueba del éxito	11
Algunos datos	13
La expansión del conocimiento mediante publicaciones	23
Taiichi Ohno: el gran genio	27

Prefacio

Cuando terminé mi carrera de ingeniero, la industria afrontaba problemas tales como incapacidad de adaptarse con rapidez a la demanda, mantenimiento de grandes inventarios para dar cobertura a los pedidos, aumento de los tiempos de producción, incremento de costes, problemas de calidad y alta rotación de personal que además estaba totalmente desmotivado. Por aquel entonces se buscaban soluciones en los nuevos sistemas informáticos y en teorías tales como TOC de Goldratt¹, la reingeniería y la recién aprobada norma ISO.

Miles de empresas corrían despavoridas hacia estas teorías bajo la promesa de rápidas mejoras y mágicas soluciones. El tiempo ha demostrado lo falso de todas estas hipótesis. Posteriormente se nos dijo que la solución pasaba por una adecuada gestión de la cadena de suministro, pero también se ha demostrado la imposibilidad de que una cadena de suministro actúe de forma coordinada bajo las condiciones actuales.

Sin embargo, la solución a los problemas de las empresas ya llevaba más de 50 años descubierta, aunque en occidente aún no lo sabíamos.

El mundo aún se guiaba por los antiguos postulados de la producción en lotes y colas y dentro de ellos intentaba encontrar la solución. El problema era que el propio sistema de lotes y colas era problema. Era necesario salir de él y adoptar otro modelo mejor adaptado a las condiciones actuales de los mercados. Era necesario un cambio de paradigma.

Fue entonces cuando la industria del automóvil halló la solución: estaba en Japón y se llamaba Lean². Fue Toyota la

¹Theory of Constraints

²también conocido como TPS -Toyota Production System.

que encontró esta nueva forma de producir y de gestionar que demostraba su superioridad en todos los ámbitos respecto a las empresas del resto del mundo. Toyota utilizaba un sistema que era capaz de reducir los tiempos totales de producción un 90%, incrementar la productividad a lo largo de todo el sistema un 90%, aumentar la calidad en varios órdenes de magnitud, reducir el espacio necesario un 50%, el inventario un 90%, los defectos un 200-500% y bajar los costes a la mitad. Además conseguía reducir el tiempo de desarrollo de nuevos productos un 50% y como consecuencia de todo ello incrementaba su beneficio y su cuota de mercado. Y nadie era capaz de alcanzar esa enorme ventaja competitiva. ¿Qué hacía Toyota para conseguir semejantes resultados? En este libro está la solución.

Te invito a dejar atrás todos los prejuicios y abrir tu mente. A afrontar las cosas desde un punto de vista científico, donde lo único importante es el resultado, no las teorías ni los prejuicios.

Lean tiene la propiedad de que cuando lo conoces, ya nunca vuelves a ser el mismo. Personalmente, para mí fue como una revelación. Yo conocía todos los sistemas y formas posibles de mejorar y optimizar procesos, y he de confesar que ninguna de ellas consigue ni siquiera un 10% de lo que Lean puede conseguir.

Lo que te ofrezco en este libro no es ningún aliño de Lean, tan habitual hoy día, ni ninguna pseudo-adaptación del mismo o una visión personal. Lo que aquí te ofrezco es la esencia de la auténtica filosofía Lean, la desarrollada por Toyota, la de Ohno, la de Shingo. Nada de aditivos artificiales, sólo autenticidad.

Lean está aquí para quedarse. Y está para quedarse porque cuando se aplica funciona. Y funciona significa que te da una ventaja competitiva que tu competencia es incapaz de alcanzar.

Introducción

Objetivo

Para empezar, te diré que tienes ante ti un libro introductorio al mundo Lean. Si no conoces nada, o si has escuchado hablar algo pero no tienes muy claro en qué consiste, tengo buenas noticias: este libro lo he escrito para ti.

Y como todo libro introductorio, el objetivo es acompañarte desde tu estado actual de poco conocimiento sobre estos métodos, hasta un nivel que te permita volar por ti mismo.

En mi caso, aunque estudié ingeniería, en realidad no tenía ni idea del mundo Lean, salvo por un par de problemas vistos en la carrera. Eso era todo. Conocía bien los métodos cuantitativos, los problemas de asignación, los problemas de rutas, las heurísticas, las metaheurísticas, la gestión de inventarios, la estadística, los problemas de inferencia, el diseño de experimentos, la gestión de la cadena de suministro, la optimización de la producción, el diseño de sistemas productivos, el control de calidad, etc. En definitiva, era bueno en el tratamiento “tradicional” de la optimización de una organización cualquiera, especialmente la industrial.

Pero no conseguía ver más allá de mis propios ojos. Seguía viendo el mundo con las gafas que me habían puesto en la escuela. Sabía que si aplicaba todo este conocimiento era posible que una empresa mejorase algo sus resultados, al menos localmente. Pero eran resultados parciales y limitados, cada vez más, y no conseguía saber el por qué. Al final y casi sin querer, todo acababa convirtiéndose en un constante apagafuegos, con prisas y urgencias llenando cada día.

Pensaba que “así eran las cosas”. Hasta que la venda cayó. Me

ocurrió mientras escribía mi tesina sobre la gestión de cadena de suministro. Yo estaba resumiendo los problemas que esta afrontaba (y sigue haciéndolo) cuando vi una presentación de un compañero sobre métodos ágiles en la gestión de proyectos de software. Estaba interesante. Al final recomendaba un libro que se llamaba “La máquina que cambió el mundo”. Por suerte estaba en la biblioteca de mi escuela. Lo cogí y lo leí. Fue como si de repente hubiese despertado de Matrix. En este libro se hablaba de mejoras en productividad del 90% a lo largo de todo el sistema productivo, de mejora de la calidad de varios órdenes de magnitud, de reducción de espacio necesario en un 50%, de reducción de inventarios de un 90%, de liberación continua de recursos. Y todo ello reduciendo además los costes totales, incrementando el beneficio y la cuota de mercado. No podía creer que algo así fuera cierto.

Como estaba un poco atónito, fui a hablar con mi catedrático sobre esto. Le pregunté si lo que había leído era verdad o si era una especie de exageración, que a veces haylas: “Todo cierto”, me dijo. Y estuvimos charlando unas dos horas. Desde entonces quedamos todos los viernes y, además de una agradabilísima conversación, yo me nutría de su biblioteca Lean, la cual iba devorando. Un nuevo mundo se abrió ante mí y yo ya nunca volvería a ser el mismo. Y quiero invitarte a que hagas lo mismo y haciendo una analogía con Matrix, te animo a que hagas ahora la elección: pastilla azul o pastilla roja.

Pastilla azul significa que todo seguirá igual, mañana volverás al trabajo y volverás a tener los mismos problemas, las mismas prisas, los mismos fuegos por apagar, las mismas quejas y los mismos resultados. Tú creerás lo que quieras creer y todo seguirá igual.

Pastilla roja significa abrir los ojos, ver los resultados de

los experimentos, creer que podemos encontrar soluciones a nuestros problemas, pasar a un nuevo nivel de conocimiento, cambiar el paradigma y ver el mundo tal y como es, estar dispuesto a adoptar nuevas formas de pensar y de hacer, creer que un nuevo mundo es posible. Todo depende de ti.

Cómo utilizar este libro

El libro está escrito en forma de recorrido gradual por los distintos conceptos. Por ello, si tu conocimiento de Lean es reducido te recomiendo que lo leas en el orden que ha sido escrito. Creo que te resultará más beneficioso.

Si ya tienes nociones más avanzadas de Lean, puedes saltar a la sección que más te interese. Utiliza el índice para ello. Lo he construido pensando en ese objetivo. En cualquier momento puedes usar el índice como guía completa del contenido del libro, de forma que puedas encontrar todo de un solo vistazo.

Truco oculto N°1: No dudes en releer el libro las veces que lo creas conveniente. Quizás no lo creas pero a medida que lo vuelvas a leer encontrarás que había muchas cosas que se te habían pasado por alto. Utilízalo como libro de consulta y vuelve a él cada vez que lo consideres necesario.

Truco oculto N°2: De nada sirve leer y aprender si no se pone en práctica. Por eso te animo a que te pongas manos a la obra lo antes posible y apliques los conocimientos adquiridos en este libro en tu día a día. No hay mejor juez que la realidad para decidir si algo es bueno o no, si funciona o si es un bluff. Por eso te invito a que pongas en práctica los consejos aquí dados

y luego vuelvas al libro. Seguro que se habrán abierto ante tí muchas nuevas vías a explorar.

Como el carácter de este libro es introductorio, al final del libro te he incluido una bibliografía para que continúes tu aprendizaje Lean por buen camino.

Para quién es

Si estás buscando un cambio, una nueva forma de enfocar la gestión de empresas y la producción, un sistema coherente y científico que haya demostrado su fortaleza mediante sus resultados, si, en definitiva, estás buscando soluciones a problemas que parecen resistirse a todo tipo de intentos, entonces este libro es para tí. Muchas veces vemos a nuestra competencia despegar y nos vemos incapaces de seguirles la pista. Este libro abre ante tí la metodología que te permitirá desarrollar ventajas competitivas que tu competencia no podrá copiar, por mucho que se empeñe.

Si eres gerente, directivo de cualquier nivel, ingeniero, o si simplemente te gusta la producción y la gestión de empresas y estás buscando ampliar conocimientos y conocer nuevos campos, en este libro encontrarás explicada desde el principio la metodología Lean.

Allá donde haya un servicio o producto y un cliente, Lean es aplicable. Simple. O dicho de otra forma, allá donde haya un proceso que de cómo resultado un producto o un servicio que un cliente quiere, podemos aplicar los principios Lean.

Sobre la terminología

En el presente libro utilizaremos a veces palabras en inglés y en japonés. Pero no te preocupes, son muy sencillas de recordar y además siempre serán explicadas cuando se mencionen. El motivo de introducir palabras en estos dos idiomas es sencillo: han pasado a formar parte del vocabulario habitual del mundo Lean y su internalización y uso nos enriquecerán mucho.

Pero ¿por qué no se han traducido al español? Bueno, la respuesta es que dichas palabras o expresiones han trascendido los idiomas y se usan indistintamente en cualquier parte del mundo. Esto tiene la enorme ventaja de que allá donde vayamos del mundo podremos comunicarnos fácilmente en temas de Lean ya que los términos son los mismos. Además, cuando leamos algún libro o artículo, asistamos a una conferencia o veamos un video a través de internet, podremos entender todo a la primera, sin necesidad de ir traduciendo todo.

El origen de esta integración de expresiones japonesas o anglosajonas tienen su origen en el idioma nipón. La mayor parte de las veces no existe una traducción directa, palabra a palabra, desde el japonés al inglés o el español. Necesitaríamos una frase o incluso un párrafo para describir el sentido exacto del término (cosas del japonés). De esta forma, una vez asignada una nueva palabra a un nuevo concepto, aunque sea una palabra de origen extranjero, nos facilita la vida enormemente.

Estoy seguro además, que a medida que vayas utilizando e interiorizando estos términos, los llegarás a preferir sobre un posible sustituto en nuestro idioma. Disfrutemos pues de las nuevas expresiones.

Capítulo 1. Historia

Orígenes y desarrollo

Muchos hablan sobre Lean pero muy pocos conocen realmente por qué está aquí y cómo ha llegado hasta nosotros. Y de eso justamente es de lo que vamos a hablar en este capítulo, y lo vamos a hacer en forma de pequeña historia. Para mí este punto es fundamental y quizás el más importante de todo el libro, porque saber por qué estamos como estamos, y por qué estamos donde estamos, abrirá tu mente como ninguna otra cosa y comprenderás por qué Lean no es una teoría más. Lean está aquí para quedarse, y está para quedarse por una serie de razones que sólo pueden ser comprendidas conociendo la historia de su desarrollo. Y de eso es de lo que vamos a hablar en este capítulo. Comencemos haciendo un pequeño viaje en el tiempo cien años atrás (*tranquilo, será un viaje corto y entretenido*).

"Conocer por qué estamos donde estamos, y por qué estamos cómo estamos, abrirá tu mente como ninguna otra cosa"

En el año 1.908 todos los productos eran producidos bajo los principios de lo que se dio en llamar la producción artesana. Este tipo de producción se distinguía principalmente por tener trabajadores muy cualificados, herramientas sencillas y flexibles que permitían su adaptación a varios tipos de trabajos, y una total personalización de los productos los cuales eran hechos a medida. Es decir, era una misma persona la encargada de llevar

a cabo todo el proceso de producción, desde el principio hasta el final: la típica herrería, por ejemplo, de aquellos tiempos es la que está representada en el cuadro de Velázquez “La Fragua de Vulcano”.



La Fragua de Vulcano (Velazquez)

Este sistema tenía ventajas, por supuesto, como el hecho de poder disponer justamente del producto que necesitábamos y no uno estándar, pero también tenía inconvenientes. El más importante sin duda era el coste que suponía y que hacía que el precio fuese bastante alto en general, lo que dejaba a una gran parte de la población sin la posibilidad de acceder a estos productos (recordemos que en aquella época el dinero era más bien escaso).



Línea de producción del Ford T

Mientras esto sucedía, Henry Ford se disponía a cambiar el mundo desde una pequeña planta en Detroit. El primer Ford T salía de la línea de producción en ese mismo año 1.908, y con él, Ford había puesto en marcha un nuevo sistema mucho más eficiente que el conocido hasta entonces, y al que se le denominó “producción en masa” (completada un poco después por Alfred Sloan en General Motors). Este sistema revolucionó la producción y la gestión de empresas en todos los ámbitos y más tarde sería uno de los principales componentes del éxito norteamericano a lo largo del siglo XX. Este tipo de producción estaba basada en una alta intercambiabilidad de las piezas, en la facilidad de montaje, en la altísima especialización de los

operarios, en la separación de los que piensan de los que hacen (“*Ud. no está aquí para pensar*” ¿te suena?), en las grandes máquinas, caras y unipropósito, en el “ordeno y controlo” (*command & control*) y en el trato poco adecuado a los trabajadores. Esto permitió reducir los costes de fabricar un automóvil y por consiguiente, su precio final. Fue toda una revolución.

Características de la Producción en masa

- Alta intercambiabilidad de las piezas
- Facilidad de montaje
- Altísima especialización
- Separación “piensan vs hacen”
- Grandes máquinas, caras y unipropósito
- Command & control
- Condiciones laborales deficientes
- División en departamentos funcionales
- Calidad separada de la producción
- Contabilidad de costes
- Métodos cuantitativos

Pero este sistema presentaba graves problemas. Ford lo desarrolló con unas condiciones muy particulares en los mercados. Para que fuese viable se necesitaban producir grandes cantidades de un único producto y además sin altos requisitos de calidad. Además estaba el tema de la mano de obra. Las plantas de Ford empleaban a los denominados “trabajadores invitados”, esto es, inmigrantes temporales que lo único que buscaban era un sueldo mínimo, y para ello aceptaban condiciones laborales y humanas bastante penosas. Eran trabajos muy aburridos (como apretar la misma tuerca durante ocho horas) y sin posibilidad de futuro ni de desarrollo personal o profesional.

Tristemente, una de las principales características de este modelo, como ya veíamos, es el llamado *command&control*, un

sistema donde el trabajador sólo obedece mientras directivos e ingenieros ordenan y controlan, sin tener para nada en cuenta la opinión de aquellos que realmente están construyendo el producto. Se atribuye a Ford la frase: *“Para qué tengo que aceptar un cerebro no pedido cada vez que contrato un par de manos”*.

Se pretendía controlar la compañía a control remoto, desde una sala aislada y apartada de la planta, simplemente mirando números en un informe y tomando decisiones en base a estos. En este sistema los trabajadores eran tratados como maquinaria, exprimidos hasta el máximo y cuando estaban quemados, eran sustituidos por otros nuevos. La única forma de ascender en la jerarquía era demostrar la capacidad de pasar por encima de los compañeros en pro de una falsa ventaja para la empresa. Mientras más duro se fuese, más posibilidades de ascender. Por desgracia, este ineficiente modelo sigue enseñándose hoy día y sigue en pleno uso en muchas empresas.

A principios del siglo XX los mercados cumplían las condiciones necesarias para que la producción en masa fuera mínimamente viable: eran grandes y poco exigentes (casi nadie tenía coche, así que si podías acceder a uno, no ponías demasiadas pegas sobre su calidad). Pero, como decimos, esta forma de hacer las cosas ocultaba importantes inconvenientes. Entre ellos:

- excesivo despilfarro
- gran rigidez
- imposibilidad de personalización de productos
- inviabilidad de aumento de la calidad por encima de un umbral determinado debido al aumento exponencial de los costes para conseguirlo
- grandes necesidades de espacio, de recursos y de inventarios, y

- trabajos enormemente aburridos y desalentadores.

Pero en aquel entonces, nada de esto era problema: los mercados lo absorbían todo. Pronto eso cambiaría. En los años setenta se produjeron tres sucesos que sacaron a relucir los graves problemas de este sistema.

Primer suceso: la crisis del petróleo de 1973

Recordemos que la Organización de Países Árabes Exportadores de Petróleo, decidió dejar de exportar petróleo a los países que habían apoyado a Israel en la guerra del Yom Kippur, entre los que se hallaban Estados Unidos y Europa Occidental. Esto disparó el precio del crudo (llegando incluso a cuaduplicarse) con el consiguiente aumento de los costes en los países fuertemente dependientes del petróleo, provocando un fuerte efecto inflacionista y una recesión económica que puso en serio riesgo a todo el sistema. Semejante escenario hizo saltar las alarmas de los principales fabricantes de automóviles, y en general todos aquellos que requerían petróleo como materia prima.

Segundo suceso: mejores condiciones

Los trabajadores de las plantas de ensamblaje de vehículos comenzaron a darse cuenta de que a lo mejor aquel trabajo que comenzó siendo temporal, podía convertirse en un trabajo para toda la vida, gracias a la evolución positiva de las ventas. De esta forma comenzaron a exigir unas condiciones mínimas en sus empleos, cosa que chocaba de frente con los requisitos impuestos por el sistema de producción en masa. Decenas de miles de trabajadores comenzaron a presionar a la dirección de las empresas para que mejorara el salario y las condiciones

laborales de la mano de obra. Desgraciadamente, el sistema de producción en masa no podía ofrecer soluciones a este problema.

Tercer suceso: el cambio en los mercados

Y el tercero, y quizás el más importante, fue el cambio en el entorno. Quiero detenerme un instante en este punto. Él es la razón principal de que Lean esté con nosotros. Grábate lo a fuego porque es la semilla de todo, y nunca me cansaré de insistir de su enorme importancia. Fue justamente este hecho el que abrió los ojos a occidente y puso de manifiesto que la necesidad de cambio era irrenunciable. Considera por tanto este pequeño apartado como la clave de todo el libro.

Los mercados cambiaron de forma radical: se pasó de tener mercados que demandaban grandes cantidades de un solo producto, a mercados que exigían pequeñas cantidades de una gran variedad debido a la necesidad de personalización: algunos querían aire acondicionado en el coche, otros lo querían en color azul, otros con tapicería de cuero, otros con 4 puertas, otros con un motor más potente, etc., y nuevamente, la producción en masa no podía ofrecer soluciones a esta demanda. Recordemos la famosa frase de Henry Ford:

“Cualquier americano puede tener el coche del color que quiera, siempre que ese color sea el negro”.

El hecho de tener que ajustar la línea para un nuevo color suponía unos costes inasumibles y por eso sólo se producían en negro. Los mercados también pasaron de ser poco exigentes con la calidad a ser altamente exigentes. De aceptar como bueno casi cualquier precio, a requerir precios más bajos. De resignarse a plazos de entrega muy largos, a presionar por plazos más cortos.

Y esto no solo pasaba con el automóvil, sino con cualquier otro producto.

Los cambios en los mercados provocaron la necesidad de cambiar de modelo de producción

En aquellos años, estos sucesos pusieron contra las cuerdas al sistema de producción en masa, que era incapaz de adaptarse a estas nuevas condiciones, ya que estaba basado en principios que no podían ofrecer ninguna solución a la nueva situación. Era necesario cambiar a otro sistema que sí pudiera funcionar en el nuevo entorno, que pudiera producir pocas cantidades de muchas referencias distintas de forma beneficiosa, que ofreciera altos estándares de calidad a la vez que disminuían los costes de producción. Resolver esto se convirtió en una prioridad absoluta.

La hora de los japoneses. El pensamiento Lean.

En 1950, Toyota era una pequeña empresa japonesa fabricante de automóviles y camiones, que fue fundada unos años atrás gracias a los beneficios obtenidos por Sakichi Toyoda, padre de Kiichiro Toyoda fundador de la compañía, por la venta de la patente de un telar automático desarrollado por él. Dicho telar tenía la propiedad de detenerse de forma inmediata y automática, sin intervención de la persona, cuando algún hilo se rompía, impidiendo que se produjesen piezas defectuosas.

En aquellos años Toyota había tenido que afrontar una fuerte

crisis y se había visto obligada por sus acreedores a despedir a gran parte de los empleados debido a las deudas acumuladas por los excesivos costes que necesitaba el sistema de producción que en aquel tiempo utilizaban. La dirección de la empresa, abatida por esta situación, decidió que esto no debería volver a repetirse nunca y comenzó a investigar qué había pasado y qué se debería hacer para que aquello no volviera a tener lugar. Como consecuencia del despido masivo de trabajadores, Kiichiro asumió la responsabilidad y dejó también la dirección de la compañía.

En aquellos años, Japón trataba de superar la situación de posguerra (recién había terminado la II Guerra Mundial, donde resultó devastado) y buscaba formas de salir adelante. En las empresas automovilísticas era habitual hacer peregrinaciones a las plantas norteamericanas para aprender los métodos de producción en masa que triunfaban por todo el mundo. Toyota no fue distinta y después de visitar varias de estas plantas comprendieron que aquel sistema no funcionaría en Japón, ya que su entorno y su mercado eran completamente distintos del norteamericano. La situación del mercado japonés era la siguiente: necesitaban pocas cantidades de una gran variedad de productos, había una gran exigencia en calidad, poco espacio disponible, recursos económicos muy escasos y los trabajadores exigían unas condiciones mínimas de trabajo. Al descubrir estas limitaciones en el sistema americano, Toyota comprendió la necesidad de desarrollar un nuevo sistema.

Con Taichi Ohno a la cabeza, Toyota comenzó un duro camino de prueba y error que le llevó al desarrollo de un sistema justo a tiempo y con foco en la eliminación constante de cualquier tipo de despilfarro. Este nuevo sistema era capaz de cumplir con los requisitos que imponían las nuevas condiciones

de los mercados y de proporcionar a la empresa beneficios sostenibles en el tiempo. Es justo decir que Toyota, así como muchas otras empresas japonesas, aprendieron mucho del programa que Estados Unidos puso en marcha para reactivar la productividad del país. Uno de los principales responsables de este programa fue Edward Deming. Sus valiosísimas enseñanzas pueden aún ser distinguidas en el sistema de Toyota.

Mediante la prueba y error y de depurar las soluciones una y otra vez, Ohno consiguió construir un sistema pull (demanda “tirada” por el cliente, no empujada por el fabricante) altísimamente eficiente. Así, a principios de los años sesenta, y después de mucho sufrimiento y trabajo, Toyota ya tenía su sistema en funcionamiento y puesto a punto. Un sistema que conseguía batir en todos y cada uno de los indicadores al sistema de producción en masa. Curiosamente, Toyota no le puso ningún nombre a esta nueva forma de hacer las cosas. Para ellos era simplemente su forma de producir. Fue en occidente donde decidimos bautizarlo como “producción Lean”.

Este hecho suscitó una gran atención en empresas de todo el mundo, y ahora eran ellas las que comenzaban a peregrinar hasta la planta que Toyota tenía en Takaoka, con el objetivo de comprender el nuevo sistema y con la esperanza de encontrar la solución a sus problemas. Pero el camino no sería fácil. Era necesario hacer algunos cambios más allá de simplemente adoptar nuevas herramientas.

“Taiichi Ohno había revolucionado el mundo de la industria para siempre. Si bien Ford consiguió reducir por nueve el esfuerzo necesario para montar

un vehículo, el nuevo sistema de Ohno representaba una revolución aún más importante, pues suponía un avance en muchas otras áreas“. Jim Womack

Igual que le pasó a la producción artesana a principios del siglo XX, hoy la producción en masa ha quedado obsoleta. Hemos comprobado que no puede responder de forma eficiente a las nuevas condiciones de los mercados y por eso necesita ser sustituida. Hoy, cualquier empresa que opere bajo los principios Lean, a medio plazo saca del mercado a aquellas que no lo hagan. Así de simple. Seguir produciendo con los viejos principios sólo garantiza la desaparición de tu empresa.

NUMMI: la prueba del éxito

En los años ochenta y en plena revolución por comprender la metodología Lean, algunos directivos de compañías americanas y europeas atribuían el espectacular éxito de Toyota a “cosas de japoneses”. Y así, sin profundizar más, quedaba zanjado el asunto. ¿Tendrían razón? Lo vemos a continuación.

En 1984 se puso en marcha NUMMI. NUMMI era una joint venture entre Toyota y General Motors (GM). Era la primera planta que Toyota tendría fuera de Japón ya que hasta entonces sólo vendía y producía en sus cercanías. Para ello se utilizó una vieja planta en Fremont, California, propiedad de GM y cerrada un par de años atrás. Era la oportunidad de comprobar si en realidad era “cosa de japoneses” o si ciertamente era un sistema superior que podía ser replicado fuera de las fronteras del país nipón, con empleados de otros países, y bajo leyes distintas a las japonesas.

La siguiente tabla refleja los números que tenían antes de

comenzar con NUMMI tanto la planta de GM en Framingham (EE.UU.), como la de Toyota en Takaoka (Japón), las cuales nos servirán de referencia para la comparación.

	Framingham (GM)	Takaoka (Toyota)	NUMMI
Horas montaje/coche	31	16	
Defectos/100 coches	130	45	
Espacio/coche	8,1	4,8	
Existencias	2 semanas	2 horas	
Tiempo cambio Setup	3-6 meses	5-15 días	
Absentismo	25%	<3%	

¿Sería capaz NUMMI de igualar los números de Toyota en Japón o estaría más cerca de GM? La siguiente tabla nos da la respuesta.

	Framingham (GM)	Takaoka (Toyota)	NUMMI
Horas montaje/coche	31	16	19
Defectos/100 coches	130	45	45
Espacio/coche	8,1	4,8	7,0
Existencias	2 semanas	2 horas	2 días
Tiempo cambio Setup	3-6 meses	5-15 días	-
Absentismo	25%	<3%	-

¡Ahí está! NUMMI consiguió replicar en un país extranjero, con personal de ese mismo país y bajo sus propias normas el éxito logrado en Japón. Ya no quedaba duda: no era cosa de japoneses. Se trataba de un sistema de producción claramente mejor. NUMMI se convirtió en la prueba de que la producción Lean podía ser adoptada por cualquiera y podía dar los mismos resultados que los japoneses obtenían en Japón. La solución a los terribles problemas que afrontaba la industria en los años ochenta había sido descubierta y puesta a nuestro alcance. ¡Aprovechemos la

oportunidad!

Algunos datos

Quizás te estés preguntando: ¿puedo ver datos de empresas que hayan adoptado Lean y así ver cómo les ha ido? Por supuesto. A continuación tienes algunas tablas en las que se muestran diversos aspectos de la gestión de una empresa y sus resultados antes, y después de la adopción de la metodología Lean. Ver otras experiencias y sus resultados es una poderosa arma de convicción que espero que te resulte de utilidad.

Caso ensambladores de vehículos y fabricantes de componentes

Comenzamos viendo una comparativa sectorial. La siguiente tabla nos muestra una comparativa entre fabricantes, ensambladores y fabricantes de componentes, tanto de EE.UU., Europa y Japón, y todas ellas son comparadas con Toyota. Algunos números están referidos en porcentajes y otros en valores con unidades concretas. De un sólo vistazo podemos ver la supremacía de Toyota en todos y cada uno de los indicadores.

	Toyota (Japón)	Japón (Promedio)	EE.UU. (Promedio)	Europa (Promedio)
Productividad Toyota=100				
Ensamblaje	100	83	65	54
Proveedores de primer nivel	100	85	71	62
Calidad (defectos en productos Entregados)				
Ensamblaje (cada 100 coches)	30	55	61	61
Proveedores 1º Nivel(ppm)	5	193	263	1.373
Proveedores 2º Nivel(ppm)	400	900	6.100	4.723
Entregas (%retrasos)				
Proveedores 1º Nivel	0,04	0,2	0,6	1,9
Proveedores 2º Nivel	0,5	2,6	13,4	5,4
Existencias (proveedores 1º nivel)				
Horas	Sin datos	37	135	138
Rotación Stock/año	248	81	69	45

Rendimiento ensamblaje vehículos y fabricación de componentes (1993-1994)

Caso Porsche

Cuando Porsche tuvo que afrontar su conversión Lean, era una empresa fuertemente departamentada y profundamente jerarquizada. Estaba sobredimensionada en el número de proveedores (950) además de mantener con ellos relaciones reactivas y dependientes. Aunque los empleados tenían una preparación técnica suprema y un gran conocimiento de las operaciones, su conocimiento de los procesos era muy deficiente. Era una empresa muy enfocada en la producción artesana de vehículos, pero como les pasa a muchas, habían confundido artesano con eficiente. La mayor parte de sus actividades eran despilfarros.

Porsche afrontaba una dura época con las ventas en descenso y presión por precio más bajos. Sin embargo no encontraba la forma de reducir los costes lo suficiente y eso se la estaba llevando por delante, al igual que sucedía a otras empresas del sector.

Porsche decidió llevar a cabo la conversión Lean para salvar la empresa. En palabras de Wiedeking, la persona contratada para llevar a cabo la conversión [citado en Lean Thinking]: *“Nos dábamos cuenta de que estábamos muy, muy retrasados y teníamos una idea general del por qué, pero carecíamos de las técnicas para abordar los problemas de nuestra productividad y calidad a la primera, y no teníamos prioridades. Cuando uno se encuentra retrasado en todos los factores de competitividad, ¿cómo y por dónde se comienza?”*

Porsche fue la única marca de vehículos de lujo que decidió seguir el camino Lean en los años noventa. El tiempo demostró el enorme acierto ya que todas las demás sin excepción tuvieron que ser vendidas o cerradas. Sin embargo Porsche resurgió en un mercado a la baja y salió más fortalecida tras su conversión Lean. La tabla siguiente muestra los datos claramente. Es de destacar que la caída de los beneficios en el año 1993 fue la prueba de fuego para decidir seguir adelante con la conversión. En aquel año los datos de ventas se desplomaron, sin embargo Porsche decidió seguir su camino y resurgió de sus propias cenizas gracias a la metodología Lean.

	1991	1993	1995	1997
Tiempo				
Desde concepción al lanzamiento	7 años	-	-	3 años
De soldadura a coche acabado	6 sem	-	5 días	3 días
Existencias (días)	17,0	4,2	4,2	3,2
Esfuerzo (horas montaje)	120	95	76	45
Errores				
Piezas suministradas (piezas/millón)	10.000	4.000	1.000	100
Al final de línea (defectos/vehículo)	100	60	45	25
Ventas (Mill Marcos Alem.)	3.102	1.913	2.607	-
Beneficios (Mill Marcos Alem.)	+17	-239	+2	

Datos conversión Lean en Porsche

Caso Pratt & Whitney

En los años noventa Pratt&Whitney era el principal constructor de motores para aviación militar. Sin embargo se enfrentaba a una situación crítica por el descenso de los pedidos en este área y un aumento drástico en los pedidos de motores para aviación civil. Mark Coran, vicepresidente ejecutivo de operaciones se dió cuenta que lo que necesitaba era un cambio radical. En sus palabras “Necesitábamos replantear la totalidad del negocio”. La tabla siguiente muestra los resultados en la línea de rectificado de palas, donde se sustituyó la carísima maquinaria de reciente adquisición por una más flexible y barata. El coste de la transición Lean se financió simplemente vendiendo como chatarra la maquinaria eliminada. Además de los datos

recogidos en la tabla, Pratt consiguió reducir el recorrido de las piezas dentro de la planta de 30 kilómetros a 15, y liberó 260.000 metros cuadrados en producción del millón disponible.

	Rectificadora Blohm automatizada	Producción Célula Chaku-Chaku
Espacio (m2)	6.430	2.480
Recorrido pieza (m)	2.500	80
Existencias	1.640	15
Tamaño lote	250	1
Tiempo Total Producción	10 días	75 minutos
Impacto ambiental	Ácidos+Rayos X	Nada
Tiempo inactividad por setup	480 minutos	1,6 minutos
Coste rectificado/pala	X	0,49X
Coste utilaje/nueva pala	X	0,3X

Datos conversión Lean en línea de palas en Pratt&Whitney

Caso Wiremold

Sin lugar a dudas, el caso de Wiremold es de los más ejemplificantes en cuanto a conversión Lean. Wiremold era una empresa que producía sistemas de gestión de cables. En definitiva un producto de baja tecnología con maquinaria de baja tecnología, con mano de obra muy poco cualificada y altamente sindicada. A principio de los noventa, Wiremold afrontaba una fuerte crisis y se vió obligada a buscar una solución a sus males. Fue entonces cuando llegó a la empresa Art Byrne.

Byrne venía de General Electric donde había tenido experiencias en la implantación de Lean, pero donde no había podido extenderlo más allá de la aplicación de unas pocas herramientas

debido a la mentalidad imperante en GE de cumplir con los números. Unos años después, Byrne recayó en grupo Danaher donde Geoge Koegnisaeker era vicepresidente de ventas y marketing y también un ferviente defensor de las metodologías Lean.

Mientras ambos luchaban con la transición Lean en Danaher, supieron que Masaaki Imai organizaba un seminario sobre Lean y decidieron apuntarse. La suerte quiso que ese seminario tuviera tambien como profesores a Yoshiki Iwata y Chihiro Nakao, dos de los principales discípulos de Ohno³. Byrne y Koegnisaeker quedaron tan asombrados que decidieron contratar a Iwata y Nakao, y a su famosa consultora Shingijutsu. Debido al carácter de los japoneses, no fue fácil convencerlos y fue gracias a la persistencia de Byrne y Koegnisaeker que lo consiguieron. El siguiente extracto de Lean Thinking expresa perfectamente este aspecto.

A principio de 1988 Koegnisaeker se enteró que se iba a celebrar un seminario de una semana y un ejercicio Kaizen sobre el Sistema de Producción de Toyota (TPS, también conocido como Lean) en el Hartford Graduate Center y en la planta de fabricación de una empresa cercana. Él mismo, Pentland y Byrne decidieron asistir. El seminario estaba organizado por Masaaki Imai, muy conocido por su libro “Kaizen”. Los otros profesores eran Yoshiki Iwata, Akira Takenaka y Chihiro Nakao, de la sociedad de consultoría japonesa Shingijutsu, de quienes nadie del grupo Danaher había oído hablar.

Después de que la delegación de Danaher escuchara el primer día la presentación del TPS de Shingijutsu

³Ohno es el padre de la filosofía Lean

y descubrir que los instructores habían trabajado durante muchos años como discípulos de Ohno, en la puesta en práctica del pensamiento Lean en el grupo de proveedores de Toyota, entre otros, pensaron que los consejeros japoneses podían ayudarles. Koegnisaeker se dirigió a ellos y les invitó a que visitaran Jake Brake (empresa del grupo Danaher donde trabajaban).

Tal como Bob Pentland recuerda, “nunca nos habíamos encontrado con un profesor del estilo japonés, es decir un sensei, y no estábamos preparados para ser rechazados de forma tan fría. A nuestra invitación, Iwata simplemente dijo ‘No’ y se marchó airadamente”. Sin embargo, George, que es una persona extremadamente perseverante, siguió reiterando la invitación, primero en el almuerzo, luego en el descanso de la tarde, y a continuación al final de la sesión diaria. Cada vez que formulaba la invitación a través del traductor de Iwata, la respuesta era un seco “No”. Al día siguiente, George volvió a la carga, antes de iniciarse el curso, en el almuerzo y durante los descansos. Al final del segundo día, Iwata y sus colegas aceptaron cenar con nosotros, probablemente para que George dejara de molestarlos.

“Apenas nos habíamos sentado para cenar, saqué un plano en el que se ilustraba la disposición de nuestra planta con la célula de producción organizada en flujo de una sola pieza que acabábamos de crear. La puse sobre la mesa enfrente de Iwata, y le pregunté si nuestra organización era correcta. Hubo un pro-

longado silencio glacial. Finalmente Iwata preguntó, ‘Si voy a su planta ¿harán ustedes todo lo que les diga?’ Ante nuestra respuesta afirmativa, Iwata prosiguió, ‘en ese caso, enrolle el plano, cenemos tranquilamente, y visitaremos su planta esta noche’

A su llegada a la planta alrededor de las 10 pm, los componentes del grupo japonés echaron un vistazo a la célula y declararon todos a la vez, ‘todo mal’.

(...)

Este primer contacto con la mentalidad del “simplemente hágalo” del sensei Lean, Koegnisaeker sabía que había entrado en un nuevo mundo. “Todas mis ideas previas sobre el grado de mejora posible en un periodo determinado se habían modificado significativamente y para siempre. Igualmente comprendí en este momento que estos tipos podían ser una mina de oro para el grupo Danaher”

De esta forma, Byrne y Koegnisaeker adquirieron sus conocimientos sobre el sistema Lean directamente de los principales discípulos de Ohno. Con esos conocimientos y experiencia, aterrizaron en Wiremold e iniciaron su transformación Lean. Algunos de los principales indicadores se pueden ver en la tabla adjunta.

	1990	1991
Ventas/empleado (miles \$)	90	190
Tiempo total producción	4-6 sem	1-2 días
Tiempo desarrollo producto	3 años	3-6 meses
Proveedores	320	73
Rotación existencias	3,4	15,0
Espacio	100	50
Ventas	100	250
Resultado operativo	100	600
Beneficios (%sobre salarios)	1,2	7,8

Datos conversión Lean en Wiremold

Caso FNGP Lingonier

Una de las grandes ventajas que ofrece el sistema Lean es que no trata sobre una mejora puntual, sino sobre mejoras continuas. El caso de FNGP Lingonier demuestra la enorme potencia del concepto *kaizen* (mejora continua). Podemos observar cómo los resultados logrados de forma sistemática son realmente asombrosos.

	Feb 92	Abr 92	May 92	Nov 92	Ene 93	Ene 94	Ago 95
Empleados	21	18	15	12	6	0	3
Piezas/ empleado	55	86	112	140	225	450	600
Espacio	2.300	2.000	1.850	1.662	1.360	1.200	1.200

Inversión < 1000\$
Accidentes y coste de los mismos ↓ 92%

Ventajas de Kaizen repetidos en FNGP Lingonier (Indiana)

Caso Lantech

Lantech es otra de esas empresas modelo en lo que a transición Lean se refiere. Ron Hicks fue la persona a cargo de esta transición. Después de años trabajando en General Electric, aterrizó como vicepresidente de operaciones en Lantech con la misión de dirigir la conversión desde el sistema de producción en lotes y colas a un sistema Lean. Lantech era un fabricante de maquinaria para ensamblar palets y a principios de los noventa enfrentaba una difícil situación. Pat Lancaster, su propietario había probado multitud de ideas sin mucho resultado. Pronto Lancaster se convenció de que ninguna empresa se había salvado nunca únicamente recortando costes y disminuyendo su tamaño. En aquellos años, el propio Pat Lancaster decía: *“Por primera vez empezamos a perder dinero y nuestros principios fundamentales sobre cómo dirigir una empresa se habían derretido” Fue entonces cuando descubrió el pensamiento Lean ⁴.

⁴narrado en Lean Thinking

	Lotes y Colas/1991	Flujo/1995
Duración del desarrollo para una nueva familia de Productos	3-4 años	1 año
Horas empleado/máquina	160	80
Espacio /máquina	9,3 m ²	5,1 m ²
Defectos /máquina entregada	8	0,8
Existencias en curso y acabadas*	2,6 M\$	1,9 M\$
Tiempo total de producción	16 semanas	14 horas
Plazo entrega	4-20 semanas	1-4 semanas
Ventas	X	2X
Cuota Mercado	35%	50%

* Ojo, con ventas dobladas. Si no se hubiese mejorado se habrían necesitado 5,2 M\$ para soportar el volumen.

Datos conversión Lean en Lantech

Si decides darle una oportunidad, el mejor consejo que te puedo ofrecer es este: ponte en marcha y comienza cuanto antes. No te arrepentirás.

La expansión del conocimiento mediante publicaciones

El conocimiento de la metodología Lean no fue tan rápido como cabría esperar. En occidente necesitamos esperar varias décadas para conocerlo. Como ya dijimos, en los años sesenta Toyota ya tenía en pleno funcionamiento y puesto a punto su

sistema, pero no fue hasta 1990, casi 30 años después, cuando empezamos a tener conocimiento de forma general, de que algo nuevo estaba en marcha.

A principios de 1985 y como consecuencia de la grave crisis que azotaba a las empresas fabricantes de automóviles, se creó en el MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) el “Programa Internacional de Vehículos a Motor” (IMVP, en sus siglas en inglés). Un programa destinado al estudio de la industria automovilística, su situación y su futuro. Para ello, empresas fabricantes de automóviles de Estados Unidos, Europa y Japón, junto a proveedores y gobiernos de varios países, pusieron entre todos 5 millones de dólares para financiar el estudio. Con el objetivo de evitar influencias de los patrocinadores en las conclusiones, se restringió el capital aportado por cada uno a un 5% del total. Además se estableció el compromiso de permitir el acceso de los investigadores a todas las plantas y a facilitar la documentación requerida. De esta forma, se garantizó la independencia final del informe.

A la cabeza de este estudio estaban James Womack, Daniel Jones y Daniel Ross. Tras cinco años de trabajo, explorando y estudiando cientos de plantas por todo el mundo, en 1990 publicaron los resultados de su trabajo en un libro llamado “La máquina que cambió el mundo”. Esta fue la obra clave que reveló al mundo, con precisión en números y cifras, las maravillas del Sistema de Producción de Toyota (Lean) que dejaba en la prehistoria a la ya decadente producción en masa. Aún así, este libro fue sólo el inicio, el descorrimiento del velo. Como luego supimos, aún quedaban muchas más cosas por descubrir y por comprender.

Publicaciones



Línea de publicaciones

En 1996, seis años después de publicar *La máquina*, Womack y Jones publican *Lean Thinking*, un libro más concreto y que ya sí desvela en mayor detalle los factores principales de la metodología Lean. Pero la parte técnica, el núcleo duro, seguía inexpugnable para los occidentales.

En 1999 se da un gran salto cualitativo con la publicación del manual *Learning to See* de Mike Rother y John Shook. Por primera vez se desvela la herramienta básica de todo el sistema Lean: El Value Stream Mapping (en Toyota llamado “Diagrama de Flujo de Información y Materiales”). Ahora sí, el mundo tenía a su disposición una poderosísima herramienta para comenzar su transformación.

En los años siguientes, se publicarían diversos manuales y libros ahondando cada vez más en el tema. Merecen destacarse los Workbooks del Lean Enterprise Institute (*Making Materials*

Flow, Creating Continuous Flow y Creating Level Pull).

En 2003, y ya con bastante conocimiento publicado, surge otra obra cumbre: *The Toyota Way* de Jeffrey Liker. Liker, ingeniero y profesor en la universidad de Michigan, se adentró en Toyota durante algunos años y depuró 14 principios que son los que hoy constituyen la filosofía de Lean (y que veremos en este libro).

El siguiente gran salto no se produciría hasta el año 2009 con la publicación de *Toyota Kata* de Mike Rother, que abrió la puerta al que probablemente sea el eslabón que aún permanece perdido: el liderazgo. En esa línea, Jeffrey Liker publica en 2011 *Toyota Way to Lean Leadership* que profundiza en estos conceptos.

Fíjese el lector, que las fechas dadas son de la publicación de las obras en inglés, no en español. A día de hoy, y habiendo leído e investigado bastante, me atrevo a decir que apenas el 1% de las publicaciones sobre Lean están traducidas al español. Esto quiere decir que el mundo hispano-hablante aún está muy lejos de la comprensión de este novedoso sistema de producción y de gestión. Animo al lector a que inicie las lecturas mencionadas en el idioma de Shakespeare. No se arrepentirá.



Recomendación

En la medida de tus posibilidades, te recomiendo añadir estos libros a tu biblioteca particular. La gran mayoría de ellos los puedes encontrar en amazon.com a precios muy reducidos. A buen seguro serán una de las mejores adquisiciones que hagas.

No olvides consultar la Sección “Biblio-

grafía”. Allí te ofrezco un recorrido ordenado de aprendizaje a través de distintos libros.

Taiichi Ohno: el gran genio

Es obligatorio hablar un poco sobre Taiichi Ohno, el ingeniero responsable del desarrollo del Sistema de Producción de Toyota (Lean). Su tesón y su inteligencia (además del apoyo incondicional de Eiji Toyoda, por aquel entonces presidente de la compañía) fueron factores determinantes para el descubrimiento y el éxito de este novedoso sistema.



Taiichi Ohno

Nacido el 29 de febrero de 1912 en Manchuria, una región al noroeste de China, ingresó en Toyota en el año 1943 como jefe de taller de maquinaria. A partir de aquí, su intenso trabajo sobre análisis de rutinas de trabajo, tiempos de ciclo y experimentación con el flujo de proceso, junto con un exhaustivo estudio de los textos de Henry Ford, le llevaron a desarrollar el Sistema de Producción de Toyota.

Cuando el sistema de producción en masa se expandía por el mundo, Ohno advirtió de sus graves deficiencias y limitaciones y que por tanto, sería una temeridad simplemente copiarlo. La base de la producción en masa era justamente esa, producir en masa. Pero como ya dijimos, en Japón no había mercado suficiente para

producir en tales cantidades y poder aprovechar las supuestas ventajas que este sistema ofrecía. Junto con la familia Toyoda, propietaria de Toyota, se puso manos a la obra, y mediante el intenso estudio, la observación práctica, la prueba y el error y su talento y perseverancia, desarrolló un sistema de producción que fácilmente doblaba o triplicaba el rendimiento de la producción en masa.

Cuando intentamos producir el mismo producto en grandes cantidades, cantidades homogéneas, tienen lugar todo tipo de pérdidas. Al final los costes ascienden. Es mucho más barato fabricar cada artículo una sola vez. El primero es el sistema de producción de Ford. El segundo, el de Toyota. T. Ohno. “El sistema de producción de Toyota”

Ohno desarrolló toda una filosofía de gestión que comenzó siendo un sistema de producción. En 1978, siendo vicepresidente de Toyota, Ohno se retiró de su actividad en la empresa, pasando a ayudar a algunos proveedores de Toyota en su transformación Lean.

La metodología desarrollada por Ohno supone un cambio de paradigma, una forma completamente nueva de fabricar productos y proporcionar servicios. Fulminó de un plumazo toda la teoría del lote económico, dejó de ver a las personas como máquinas e ideó una nueva forma de hacer negocios en el mundo.

Sirva esta anécdota para ilustrar el efecto que tenía la filosofía Lean en los responsables y trabajadores de las empresas. Dos de los principales discípulos de Ohno, Yoshiki Iwata y Chihiro Nakao, pasaron un día de visita en 1987 en una planta en Carolina del Norte para ayudar a esta en su transición al

sistema Lean. Norman Bodek, el reconocido editor sobre temas de productividad, se acercó muy interesado al responsable de planta y le preguntó cómo había ido la visita. Este le respondió:

Ha sido la mejor experiencia de mi vida. Ha sido sensacional. Motivaron a todos completamente hacia la mejora continua. En un día, bajaron los tiempos de setup de dos máquinas a la mitad. Fue asombroso verles en acción. A pesar de hablar en japonés, comunicaban mucho mejor que nosotros en inglés entre nosotros mismos. Pero lo que más admiro es su increíble respeto por las personas.

El propio Ohno sabía que sus principios no se limitaban a la planta de producción, y así lo decía:

El Sistema de Producción de Toyota no consiste tan solo en un sistema de producción. Confío en que revelará su fuerza como sistema de gestión adaptado a la era actual de mercados globales y sistemas de información computerizados.

Taiichi Ohno

Un genio fuera de toda duda que fue capaz que desafiar el status quo, aplicar la observación práctica y el análisis exhaustivo, de probar, de errar y de aprender de los errores, y así una y otra vez hasta lograr construir y dar al mundo una nueva y mejor forma de hacer las cosas.