

## **El cumplimiento de indicadores de un modelo de equipos de trabajo y su efectividad en la realización del proyecto (The performance indicators of a model of teamwork and effectiveness in project implementation)**

**Juan Baldemar Garza Villegas<sup>♦</sup>, José Anwar García<sup>♦</sup> & Dante Vladimir Cortez Alejandro<sup>\*</sup>**

<sup>♦</sup>UANL, <sup>\*</sup>UN, <sup>\*</sup>UAdeC, México. [jbg.villegas@hotmail.com](mailto:jbg.villegas@hotmail.com)

**Keywords:** Deployment, maturity and improvement projects, operational work teams, PLS, RSM

**Abstract.** A model to generate continuous improvement projects in the context of the Mexican organizations with operational work teams is proposed theoretically and proven empirically of a partial way. The present study determines how six constructs: duration of the project, team meetings, team attendance, team age, quantity of the team members and the training of the team can mark the efficiency in the quantity of finished projects. This study was conducted in a nonrandom sample of 15 teams in a Mexican company with two plants in the region of the state of Nuevo León.

**Palabras clave:** Equipos de trabajo, implementación, madurez y proyectos de mejora, PLS, RSM

**Resumen.** Un modelo para generar proyectos de mejora en el contexto de las organizaciones mexicanas con equipos de trabajo operativos es propuesto teóricamente y probado empíricamente de manera parcial. El presente estudio determina cómo seis constructos: duración del proyecto, reuniones de equipo, asistencia de equipo, antigüedad de equipo, cantidad de integrantes del equipo y la capacitación del equipo pueden marcar la eficacia en la cantidad de proyectos terminados. Este estudio fue conducido en una muestra no arbitraria de 15 equipos en una empresa mexicana por dos plantas en la región del estado de Nuevo León.

## Introducción

Fuera de Toyota el TPS es muchas veces conocido como Lean, Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta, estas expresiones se han hecho populares en dos best sellers *La máquina que cambió el mundo* Womack, Jones, Roos (1991) y *Lean Thinking* de Womack Jones (1996) ambos autores han dejado claro que la base es el Sistema de Producción Toyota.

Las herramientas y técnicas Lean con enfoque a proceso son sencillas de aprender y usar, el problema en las organizaciones es su implementación y sostenimiento. Los especialistas pierden de vista los principios de gestión guía que rigen su Filosofía a Largo Plazo, el proceso correcto para producir resultados correctos, la capacidad para añadir valor a la organización mediante el desarrollo del personal y de sus socios y la resolución continua de los problemas fundamentales que impulsan el aprendizaje organizativo, de los cuales se desprenden una serie de comportamientos esperados en cada uno de ellos Liker (2000) y a las personas que toman decisiones y puede transformar la Organización en Lean.

Cómo hacer para que las iniciativas evolucionen y perduren con el tiempo, cómo crear un sistema que rompa los obstáculos para la implementación exitosa de los sistemas de trabajo lean. Algunos expertos sugieren que esto se puede garantizar a través de un modelo de equipos de trabajo. Diversas investigaciones, así como la experiencia práctica, han demostrado que la transformación de una empresa hacia esquemas de alta productividad debe tener como enfoque principal el Personal de Piso, quienes ejecutan el proceso de Construcción de Valor. Sin su compromiso estos esquemas no permanecen, provocando que el esfuerzo invertido corra el riesgo de perderse, que las mejoras no se sostengan. En cuanto a la forma de trabajar, una organización es más eficiente cuando combina los esfuerzos relacionados, para lo cual el trabajo en equipo representa su mejor opción.

La transformación del personal de piso; es un reconocimiento explícito de la transformación de "*mano de obra*" a "*mente de obra*". La escuela de negocios de la universidad de Harvard estudió durante cuatro años las características de los esfuerzos exitosos de transformación, encontrando como uno de los elementos clave este enfoque. En los esquemas exitosos los mandos intermedios tienen una función más bien de facilitación del proceso, a través de proveer conocimiento técnico especializado referente al

negocio, objetivos de corto plazo alineado con la planeación de largo plazo y proveer los medios para que el personal de piso pueda experimentar con sus propios esfuerzos de mejora.

## Materiales y métodos

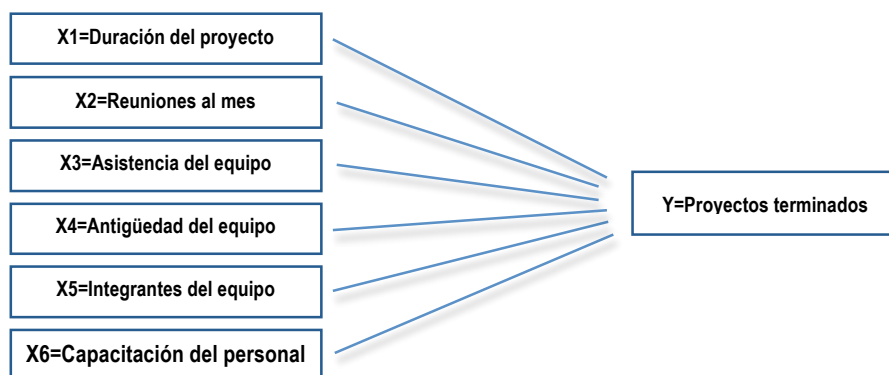
El estudio se lleva a cabo en un primer momento como una investigación documental, como una actividad científica cuyo propósito es identificar y asimilar el cuerpo sustancial de conocimiento teórico y científico relevante que existe sobre el Sistema de Gestión TPS a través de equipos de trabajo operativos, para ello se propusieron escalas para comparar los datos, se realizaron mediciones con el fin de inferir y seleccionar la variable dependiente  $Y$ =Proyectos del equipo, y variables independientes  $X$ 's, =  $X_1$ =Duración del proyecto,  $X_2$  = Reuniones al mes,  $X_3$  = Asistencia de reuniones,  $X_4$  = Antigüedad del equipo,  $X_5$  = Integrantes del equipo,  $X_6$  = Capacitación del Personal, que pueden afectar el éxito y permanencia de la implementación del Sistema de Trabajo en Equipo.

Forma General de la Ecuación si fuese una ecuación de orden lineal;

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_4X_4 + \beta_5X_5 + \beta_6X_6 + e$$

No necesariamente los datos explicarán una ecuación de orden lineal, más adelante observaremos en los resultados de la investigación. En la gráfica 1 se muestra el modelo conceptual de la investigación.

Gráfica 1. Modelo conceptual de investigación.



Fuente: Elaboración propia.

El modelo anterior presenta la influencia conceptual que tienen las variables de seguimiento de los equipos de trabajo en la terminación de proyectos de mejora. Estas variables independientes son considerados factores críticos de éxito en el modelo de equipos de trabajo de la empresa que se está estudiando. Uno de los objetivos precisamente de esta investigación es corroborar si efectivamente estas variables independientes tienen un efecto en la terminación de proyectos de mejora la cual es considerada variable dependiente. El modelo conceptual está basado en el modelo de TPS basado en las 4 reglas que se menciona en el estudio de Spear, S. y Bowen, K. (2000). Más adelante se especificará esta información.

El estudio se llevó a cabo en una muestra no probabilística de 15 equipos de trabajo en una empresa mexicana con dos plantas ubicadas en la región del estado de Nuevo León, tratando de responder las preguntas de investigación y dar solución a los objetivos trazados. Participaron más de 200 personas.

El tipo de investigación científica será del tipo cuantitativa, ya que se desea encontrar las relaciones causa-efecto. De acuerdo a Kerlinger y Lee (2002) las hipótesis en el enfoque cuantitativo se someten a prueba aplicando instrumentos de medición para la recolección de datos, para posteriormente analizarlos e interpretarlos.

Para verificar la existencia de las relaciones hipotetizadas en el modelo propuesto se utilizó la regresión de mínimos parciales, un instrumento de análisis estadístico multivariable de segunda generación.

La Regresión de Mínimos Parciales es un medio para definir una relación entre una variable continua "Y" y múltiples variables continuas "X's".

Es un modelo matemático del proceso que se basa en datos que la persona proporciona como indicadores.

La Regresión de Mínimos Parciales es utilizada debido a su capacidad para modelar el proceso con una ecuación lineal o una ecuación cuadrática o de orden no lineal. Además se presenta como método para evitar la Multicolinealidad.

Como parte de la recolección de datos, se llevó por medio de indicadores duros de la iniciativa de equipos de trabajo operativos y la revisión de más de 730 reuniones durante el 2008, 2009 y 2010. La unidad de análisis es el equipo de trabajo. Éste se define como un equipo formado

por personal operativo, de supervisión y jefes que integran un proceso, área o departamento y estos realizan actividades integradas para alcanzar un objetivo. El proceso de medir conceptos y la aplicación completa del mismo, comúnmente se conoce como la operacionalización de un concepto. Los conceptos por sí mismos no son directamente observables, por lo tanto es necesario especificar una variable observable que refleje al concepto, a este proceso se le conoce como operacionalización. Los conceptos relacionados a los constructos deben contar con indicadores, que proporcionen la ligazón entre los constructos mentales y el mundo externo, al convertirse en referentes empíricos (Mendoza y Garza 2009).

Para la operacionalización de las variables se utilizó la definición siguiente. Definiciones basadas en el modelo de TPS basado en las 4 reglas que se menciona en el estudio de Spear, S. y Bowen, K. (2000).

A continuación se presentan las 4 reglas que descifran el DNA del sistema de producción de Toyota y que se mencionan por Spear, S. y Bowen, K. (2000).

- a) El personal operativo es el driver de la mejora.
- b) El personal experto mando medio participa como facilitador. Guía del proceso de mejora continua.
- c) Los proyectos y su enfoque debe ser la simplificación de la relación cliente-proveedor. Disminuir desperdicios y reducir los tiempos de ciclo de las operaciones. Entregar al cliente final un producto de alta calidad en el menor tiempo posible.
- d) El personal operativo deberá usar el método científico para la resolución de problemas operativos. Capacitación constante en temas de mejora.

Las variables de la muestra son definidas a continuación:

- Duración del proyecto: Es medida por el tiempo en culminar un proyecto de Lean Manufacturing por un equipo de trabajo.
- Reuniones. Es medida por la frecuencia en la que el equipo de trabajo tiene sus reuniones de seguimiento.
- Asistencia de reuniones. Es el % de asistencia del personal del equipo que asiste a la reunión de mejora.
- Antigüedad del equipo. Tiempo de haberse formado el equipo de trabajo como tal.

- Integrantes del equipo. Cantidad de personas o integrantes en el equipo de trabajo. Es personal operativo acompañado por un facilitador mando medio.
- Capacitación del personal. Cantidad de Horas/Hombre de capacitación al equipo en Método científico y en uso de herramientas de Lean Manufacturing.
- Proyectos realizados como equipo. Cantidad de ejercicios lean realizados por el equipo. Proyectos para simplificar la relación cliente-proveedor objetivos para reducir el tiempo de ciclo de operaciones y disminuir los desperdicios en los procesos operativos.

En un segundo momento se realizó un diseño experimental de superficie de respuesta, con información de equipos de trabajo en dos plantas de Acero Forjado, ubicada en N.L., en la que laboran 1000 personas, las plantas que cuenta con 6 gerencias, con más de 3 años de trabajo en la implementación de diferentes iniciativas de Manufactura Esbelta, las cuales se encuentran en diferentes niveles de implementación y algunas otras aún continúan en la etapa de planeación, desde Lean-Eventos Kaizen, Proyectos de Mejora DMAIC, Equipos Participativos, Estandarización, Centro de entrenamiento, Desarrollo de productos, Sistema de Ideas e ISO 14000. Para este estudio solo se tomaron 15 Equipos operativos que se evaluaron.

La hipótesis de investigación es:

H1: La efectividad en la realización del proyecto de mejora de la iniciativa Equipos de Trabajo puede atribuirse al cumplimiento, apego y seguimiento a indicadores de duración de proyecto, cantidad de reuniones mensuales del equipo, asistencia del equipo a las reuniones, antigüedad del equipo, integrantes del equipo y capacitación del equipo.

## **Alcance**

En el presente artículo se describe el modelo de gestión TPS, como sistema de trabajo en equipo a nivel operativo y cuáles han sido claves para el éxito en la implementación de esta iniciativa. La muestra fue de los años 2008, 2009 y 2010.

Al final se realiza un análisis de las diferentes variables que afectan al éxito y permanencia del sistema de trabajo en equipo dentro de una compañía de acero forjado de la localidad.

## Resultado de la Regresión de Mínimos Cuadrados Parciales

PLS Regression: Y=Proyectos versus X1=Duración, X2=Reuniones.

Tabla 1. Resultados del Minitab. Regresión con mínimos parciales. *Software Minitab v14*

Number of components specified: 6					
Analysis of Variance for Y=Proyectos realizados como equipo					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	6	63.1249	10.5208	15.82	0.000
Residual Error	35	23.2798	0.6651		
Total	41	86.4048			
Model Selection and Validation for Y=Proyectos realizados como equ					
Components	X	Variance	Error SS	R-Sq	
	1	0.39032	30.4884	0.647145	
	2	0.54540	24.2536	0.719303	
	3	0.73523	23.2932	0.730418	
	4	0.90039	23.2826	0.730541	
	5	0.98317	23.2812	0.730557	
	6	1.00000	23.2798	0.730572	
Regression Coefficients					
			Y=Proyectos realizados como equ	Y=Proyectos realizados como equ	standardized
Constant			-3.22564		0.000000
X1=Duración del proyecto			-0.13659		-0.167115
X2=Reuniones al mes			0.09665		0.053633
X3=Asistencia del equipo			4.27953		0.078803
X4=Antigüedad del equipo			0.00217		0.447029
X5=Integrantes del equipo			-0.06020		-0.133602
X6=Capacitación del personal			0.08193		0.498764

Tabla 2. Determinación de la Beta estandarizada en la relación de las variables del modelo

<b>Relación de las variables del modelo</b>	<b>(Beta estandarizada)</b>
Duración de Proy -> Proyectos Term	0.16 *
Reuniones Equipo -> Proyectos Term	0.05 *
Asistencia Equipo -> Proyectos Term	0.07 *
Antigüedad del Equipo -> Proyectos Term	0.44 *
Integrantes de Equipo -> Proyectos Term	0.13 *
Capacitación -> Proyectos Term	0.49 *
	* p < .05 ; ns no significativo

La regresión es significativa presenta un buen ajuste. Los diferentes coeficientes fueron positivos excepto tres: la duración del proyecto, los integrantes del equipo y cuando la asistencia supera más del 95%. Esto se debe a que en la muestra analizada los equipos eran mayores a los estándares de la cantidad de participantes sugerida (12 participantes) y a que el tiempo excedió el estándar de 3 meses para culminar el proyecto.

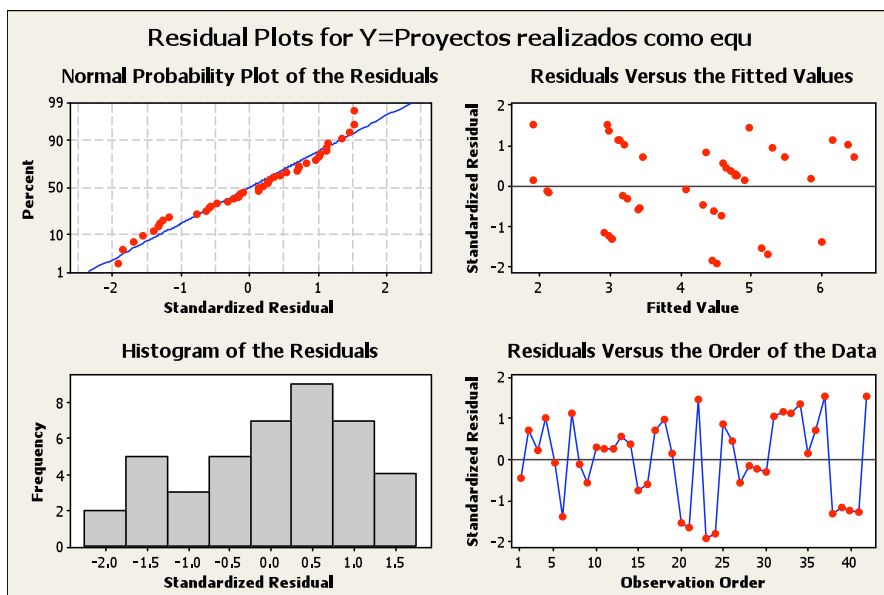
En el caso de la asistencia pues como se puede ver cuando el equipo es muy grande y todos asisten el acuerdo se vuelve más complejo para la solución y avance del proyecto. El resto de los indicadores muestran que la cantidad de reuniones y la frecuencia de las mismas así como la capacitación y la antigüedad del equipo tienen un impacto positivo en la terminación de proyectos. Se concluye que la efectividad en la realización del proyecto de mejora de la iniciativa Equipos de Trabajo puede atribuirse al cumplimiento, apego y seguimiento de ciertas variables e indicadores que comprenden la iniciativa y están ligados directamente al modelo implementado por la compañía.

Esto adquiere una relevancia ya que se encuentra en la línea de argumentación que señalan los diferentes autores sobre el Sistema de Producción Toyota y su decodificación. Spear, S. y Bowen, K. (2000).



En la Gráfica 2 de residuales se muestra la normalidad de los residuales.

Gráfica 2. Resultados del Minitab. Residuales. <sup>7</sup>Software Minitab v14



Los resultados de la gráfica 2 mostrados aquí no deben desplegar ninguna anomalía. Los errores deben aparecer normalmente alrededor de cero y aleatoriamente distribuidos. El diagrama de los residuos los ajustes debe aparecer aleatorio sin conos o curvas obvios. Notamos que la única causa posible para investigación puede ser la gráfica superior derecha residuos contra ajustes. Un modelo cuadrático como se observará más adelante puede ser más apropiado.

De esta forma, el modelo propuesto presentó un conjunto de relaciones hipotéticas a probar usando el Análisis Multivariable de Regresión con Mínimos Parciales. Éste es un enfoque no paramétrico basado en la minimización de la varianza residual de las variables. No requiere una distribución normal o lineal, los requerimientos en el tamaño de la muestra son menos restrictivos.

Se aplicó un proceso inicial de revisión de calidad y refinamiento al grupo de datos, consistiendo en lo siguiente: se realizaron índices para la confirmación de Normalidad, Homoscedasticidad, Multicolinealidad e Independencia.

Los resultados arrojaron que en los datos se confirmó: la existencia de Normalidad y Homoscedasticidad. También, la no existencia de Multicolinealidad, por último, se confirmó la Independencia de los Residuales utilizando la Regresión PLS.

Una prueba utilizada en la evaluación de los modelos de PLS es la  $R^2$  de las variables dependientes. Su interpretación es similar al enfoque tradicional de regresión: el porcentaje de la varianza de la variable exógena (dependiente) que es explicado por la variable independiente (endógena). El valor de la  $R^2$  en el modelo ascendió a 0.73 para los proyectos realizados por equipo. El uso de la regresión de mínimos parciales nos apoyo a la eliminación de la multicolinealidad.

El objetivo inicial de la RSM (Response Surface Method) es que una vez determinados los valores significativos, la RSM nos guía a la proximidad del óptimo. *“Útil para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influenciada por varias variables y el objetivo es optimizar esta respuesta”* según Montgomery; *Design and Analysis of Experiments, 4th ed.; Wiley, 1997 Cap.9*. Los pasos que se realizaron para este propósito fueron los siguientes:

- a) Seleccionar la “Y” y seleccionar las X’s asociadas confirmadas.
- b) Seleccionar los rangos de experimentación (Estas x’s deberían haber sido confirmados para tener un efecto significativo en “Y” a través de la experimentación previa.
- c) Diseñar el DOE punto central. (Matriz DOE para establecer un modelo valido de según orden)
- d) Ejecutar el DOE y trazar el resultado en una Superficie de Respuesta.
- e) Determinar la dirección hacia una “Y” optima (Gráfica de Contorno)

El software Minitab tiene rutinas para DOE’s de Superficie de Respuesta. Estos diseños de experimentos permiten la investigación no lineal, curvada y/o de modelos cuadráticos. El diseño de compuesto central es un diseño que es muy fácil de utilizar en la experimentación secuencial.

Cerca de la mitad de las corridas experimentales consisten en la base del diseño del factorial completo  $2^k$ . El resto son corridas que se utilizan para investigar la curvatura. La parte factorial del experimento se ejecuta a menudo primero, si la curvatura se encuentra significativa, se ejecuta el resto para determinar las causas de la curvatura. La región de la curvatura es la región donde una o más de las entradas de salida ya no conformarán al modelo de primer orden. En esta región de operación la mayoría de las respuestas pueden modelarse empleando un modelo de 2do orden. A continuación se presenta de manera conceptual la convención secuencial de los diseños.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \quad \text{Modelo de primer orden}$$

$$+ \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \quad \text{Modelo con Curvatura}$$

y finalmente el modelo cuadrático se expresaría así:

$$+ \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + e \quad \text{Modelo de segundo orden.}$$

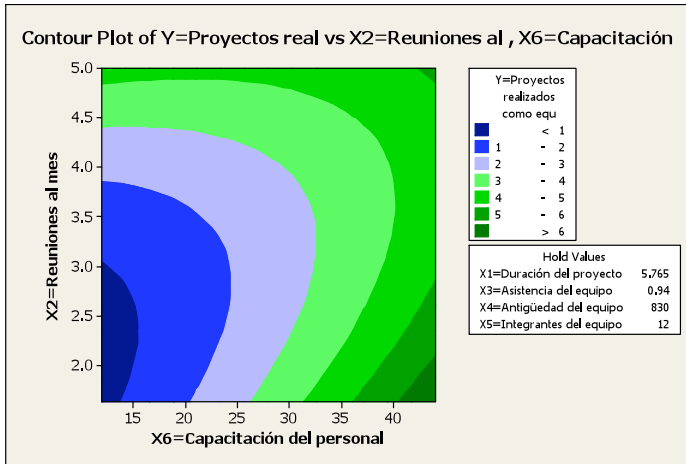
Por último en esta investigación se llevó a cabo una modelación de superficie de respuesta descriptiva que permite reforzar lo anterior descrito, es decir la cantidad de proyectos terminados se puede maximizar según las siguientes reglas: Tratar que la duración de los proyectos sea no mayor de 6 meses, mantener una asistencia consistente superior al 90% en los equipos de trabajo, no tener más de 12 participantes, entre más entrenamiento recibe el personal del equipo es más su efectividad en los proyectos terminados, si el equipo ya tiene más de dos años de formación el conocimiento entre miembros permite una mayor efectividad del esquema de trabajo en equipo.

En este caso las variables que se fijaron de acuerdo al análisis anterior fueron: duración del proyecto, asistencia del equipo, antigüedad del equipo mínima de 2 años y la cantidad de integrantes del equipo.

En la gráfica 3 se puede mostrar la dirección óptima sugerida en la experimentación para aumentar los proyectos de mejora y así maximizar el beneficio de tener equipos de trabajo en una organización. Esta grafica es un apoyo visual que permite al experimentador encontrar el mayor desempeño (Y) dados factores significativos (X's). La estrategia básica es considerar la representación grafica de desempeño como una función de factores significativos. Esta grafica podría considerarse similar a los contornos de los mapas topográficos. Entre más alta la "colina" mejor el desempeño. La idea es reunir datos para que nos permitan trazar los contornos. Una vez hecho,

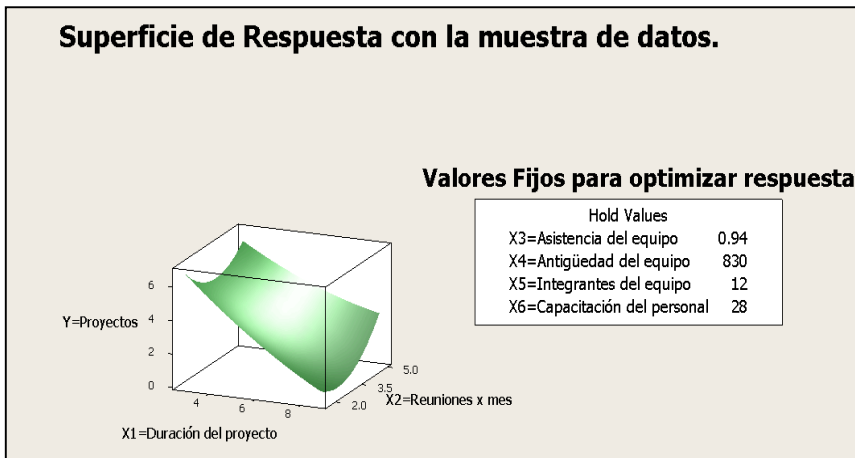
podemos usar los mapas resultantes para encontrar la ruta de ascenso hacia la parte más alta.

Gráfica 3. Resultados del Minitab. Contorno-Área que maximiza los proyectos terminados en un equipo de trabajo. <sup>7</sup>Software Minitab v1



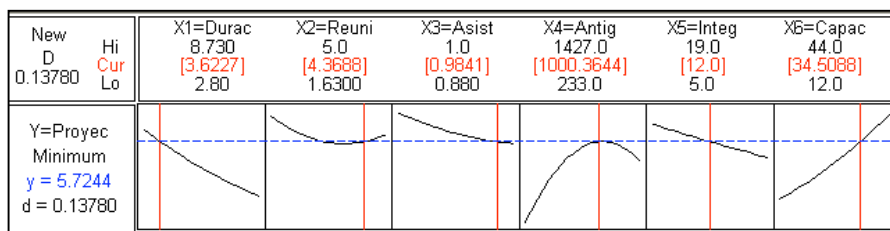
En la Gráfica 4 se muestra la superficie de respuesta para maximizar los resultados en la terminación de proyectos.

Gráfica 4. Resultados del Minitab. Superficie de respuesta que maximiza los proyectos terminados en un equipo de trabajo. <sup>7</sup>Software Minitab v14



En la Gráfica 5 se muestra el optimizador de respuesta que hace ver la naturaleza no lineal de las variables independientes del estudio de investigación.

Gráfica 5. Resultados del Minitab. Optimizador de respuesta de los proyectos terminados en un equipo de trabajo. *Software Minitab v14*



Minitab tiene rutinas para DOE's de superficie de respuesta. Estos diseños de experimentos permiten la investigación (no lineal, curvada) de modelos cuadráticos. El optimizador de la respuesta es una herramienta de gran alcance que ayuda a determinar los niveles de los factores significativos para proporcionar una respuesta óptima. El optimizador puede ser especialmente valioso para las respuestas múltiples. Puesto que dejamos la importancia igual, el optimizador intentará encontrar un compromiso para ambas respuestas. En nuestro caso solo utilizamos una respuesta. Sin embargo nos da los puntos ideales de las diferentes variables para maximizar la respuesta.

En cuanto a las limitaciones de este trabajo se encuentra lo siguiente: un diseño transversal no permite una evaluación de las relaciones de causalidad del modelo propuesto. Es necesario un estudio longitudinal que favorezca la posibilidad de establecer las relaciones de causalidad. También, los resultados obtenidos no pueden generalizarse debido al tipo de muestra que se utilizó.

En cuanto a la investigación futura, es necesario estudiar la mejora continua en diferentes contextos y organizaciones. Profundizar en el estudio de la eficiencia y eficacia en los equipos de trabajos y sus factores críticos de éxito. Se continuará con la experimentación para más adelante presentar un modelo con mejor ajuste.

## Referencias

- Liker, J.L. (2006). *Las claves del éxito de Toyota: 14 principios de gestión del fabricante más grande del mundo*, Barcelona: Gestión 2000.
- Mendoza, J. y Garza, J.B. (2009). *La medición en el proceso de investigación científica: Evaluación de validez de contenido y confiabilidad*. *Innovaciones de Negocios*. 6 (1), 17-32.
- Montgomery; *Design and Analysis of Experiments*, 4th ed.; Wiley, 1997 Cap.9.
- Kerlinger, F.N. y Lee, H.B. (2002) *Investigación del Comportamiento: Métodos de Investigación en ciencias sociales*, México: McGraw-Hill InterAmérica Editores.
- Software Minitab v14
- Spear, S. y Bowen, K. (2000). *La decodificación del ADN del Sistema de Producción Toyota*, Harvard Business Review. The President and Fellows of Harvard College.
- Womack, J.P., D.T. Jones & D. Roos (1991). *The machine that change the world: The story of lean production*, New York: Harper Perennial.
- Womack, J P. & D.T. Jones (1996). *Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation*, New York: Simon & Schuster.