



Industrial Data

ISSN: 1560-9146

ISSN: 1810-9993

industrialdata@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Perú

Enciso Acuña, Zenaida

Mejora del cumplimiento de fechas programadas en servicios de calibración aplicando Seis Sigma

Industrial Data, vol. 23, núm. 1, 2020, -Junio, pp. 143-164

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Lima, Perú

DOI: <https://doi.org/10.15381/idata.v23i1.16666>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81664593009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Mejora del cumplimiento de fechas programadas en servicios de calibración aplicando Seis Sigma

ZENAIDA ENCISO ACUÑA<sup>1</sup>

RECIBIDO: 05/09/2019 ACEPTADO: 20/12/2020 PUBLICADO: 16/10/2020

## RESUMEN

El presente artículo es el resultado de la aplicación de la metodología Seis Sigma para la mejora del cumplimiento de las fechas programadas en los servicios que se realizan en las instalaciones del cliente por parte de un laboratorio de calibración. La metodología Seis Sigma, a través de sus cinco etapas, permite definir el problema de manera específica y cuantitativa, medir el desempeño del proceso afectado, identificar y analizar las causas raíz, así como establecer las acciones para superarlas y los controles para el mantenimiento de las mejoras. De esta forma, el laboratorio incrementa el cumplimiento de las fechas programadas de un 56.2% a un 70.3%, al igual que el grado de satisfacción del cliente de un 72.3% a 84.6%.

**Palabras clave:** Seis Sigma; cumplimiento; servicio.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización (2015), cuando una organización apunta hacia la calidad, se fomenta una cultura enfocada en cumplir con las necesidades y expectativas del cliente, por medio de comportamientos, actitudes, actividades y procesos que proporcionan valor; por lo tanto, la calidad del producto o del servicio ofrecido por la organización se establece con la capacidad de esta para satisfacer a los clientes. Del mismo modo, Besterfield (2009) afirma que “una organización debe proporcionar un producto o servicio de alta calidad a sus clientes, que satisfaga sus necesidades: un precio razonable, entrega oportuna y servicio excepcional” (p. 38). Por otra parte, para Gryna (2002), la satisfacción de los clientes supone el grado que estos consideran que sus expectativas son respondidas o excedidas por los beneficios recibidos. Asimismo, Quijano (2003) sostiene que, en la evaluación realizada al servicio, el cliente cree que el cumplimiento de lo pactado y la capacidad de respuesta son los factores más importantes; pues, si la empresa cumple con todas las promesas establecidas por el servicio, entonces el cliente puede confiar en ella para cualquier necesidad futura con la certeza de que no perderá tiempo ni dinero.

En efecto, Zemke (como se citó en Evans y Lindsay, 2008) menciona que los dos componentes fundamentales de la calidad del servicio son las personas y la tecnología, puesto que se ha demostrado que la satisfacción de un empleado de servicio es correlativa a la del cliente. Con respecto al otro componente, la tecnología de la información es primordial debido al manejo de la gran cantidad de información que se debe procesar y a la exigencia de los clientes por un servicio con mayor velocidad. En cambio, para Nakhai y Neves (2009), el servicio de calidad es una prioridad para aquella empresa que desea diferenciarse de su competencia.

<sup>1</sup> Ingeniería Química por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima, Perú). Consultor independiente (Lima, Perú).  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5860-4515>  
E-mail: [zenaida.enciso@gmail.com](mailto:zenaida.enciso@gmail.com)

Por otro lado, Lankford (2005) opina que la programación brinda una ventaja competitiva y que la búsqueda de cumplir con entregas a tiempo incentiva a tener una mejor programación. Como beneficio adicional de la programación está el desarrollo de la comunicación dentro de la organización, que se evidencia al compartir información confiable y objetiva al personal involucrado. Es por esto que, para Pérez (2014), los problemas de una organización se producen por el uso inadecuado de los recursos, ignorando los aspectos o factores que pueden favorecer el buen desempeño; por lo que se debe tomar en cuenta también el compromiso del personal, dado que este representa el factor humano que administra los demás recursos. Según Gutiérrez (2008), para que las organizaciones mejoren su desempeño y la forma para afrontar estos retos es necesario que se identifiquen las causas de fondo, las cuales muchas veces están en el diseño de los procesos.

Como han señalado otras investigaciones, problemas de incumplimiento de la fecha de compromiso acordada con el cliente, lo cual puede suceder en un laboratorio de ensayo que ofrece servicios de análisis de muestras medioambientales, se presentan en empresas de servicios y producción (Palacio, Quispe, Ylesca, Cañi y Velazco, 2013); en la industria plástica dedicada a diseñar, fabricar y comercializar materiales de empaque (Rojas, 2008); en Danuser Machine Company (Lankford, 2005); en la empresa Perú Courier (Ramos, 2013); y en empresas que fabrican diversos productos ubicados en la India (Desai, 2006).

El Seis Sigma, de acuerdo con Oke (2007), es una herramienta que se utiliza para resolver problemas organizacionales, especialmente aquellos que buscan mejorar la calidad de los servicios al cliente, lo que permite incrementar su satisfacción (Kuei y Madu, como se citó en Desai, 2006). Por ello, la presente investigación se enfoca en determinar cómo impacta la aplicación de la metodología Seis Sigma en la atención de los servicios de calibración realizados en campo y en la ciudad de Lima.

## METODOLOGÍA

### 1. Tipo de investigación

La investigación es aplicada, puesto que, según la definición de Sánchez y Reyes (2015), este tipo de estudio se interesa en aplicar los conocimientos teóricos a una determinada situación y en las consecuencias prácticas que resulten; además, su objetivo es conocer para hacer, actuar y modificar alguna situación. Entonces, en esta investigación,

la finalidad de aplicar la metodología Seis Sigma fue para cambiar el resultado del cumplimiento de las fechas programadas de los servicios que se realizan en las instalaciones del cliente.

Asimismo, la investigación es descriptiva, porque busca explicar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Es decir, únicamente se pretende recoger información sobre los conceptos o las variables con las que se trabajan, de manera independiente o conjunta, como lo señalan Hernández, Fernández y Baptista (2010). Por tanto, en el trabajo se buscó recopilar y medir la información de las variables que afectaron el cumplimiento de las fechas programadas de los servicios que se realizan en las instalaciones del cliente.

### 2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es cuasiexperimental, debido a que no hubo control total sobre las condiciones experimentales, ni la capacidad de seleccionar o asignar aleatoriamente los sujetos a los grupos de estudio. Del mismo modo, el diseño utilizado fue el pretest y posttest, y se empleó de la siguiente manera:

$$O_1 O_2 O_3 X O_4 O_5 O_6$$

Donde:

X: es la variable independiente; es decir, la implementación del Seis Sigma

$O_i$ : son las observaciones antes y después de la variable dependiente

### 3. Unidad de análisis

La unidad de análisis de la investigación correspondió a los servicios de calibración realizados por el laboratorio en las instalaciones del cliente.

### 4. Población de estudio y tamaño de muestra

Para este trabajo no se utilizó población de estudio ni tamaño de muestra, ya que el proyecto hizo referencia a una investigación por caso, y se analizó profundamente la unidad para responder al planteamiento del problema, probar la hipótesis y desarrollar alguna teoría. Para las encuestas, el tipo de muestreo empleado fue el tipo probabilístico estratificado.

### 5. Técnica de recolección de datos

La Tabla 1 muestra las técnicas e instrumentos empleados.

**Tabla 1. Técnicas de recolección de datos.**

Técnica	Instrumentos
Cuestionarios	Registros del sistema de gestión
Entrevistas	Esquema y toma de notas
Revisión de gabinete	Reportes de base de datos
Escalas	Encuestas

Fuente: Elaboración propia.

## 6. Análisis de datos

En la Tabla 2 se indica el proceder para el análisis de los datos.

### RESULTADOS

#### 1. Etapa Definir

En esta etapa se define el problema preliminar, con el objetivo de determinar el alcance del proyecto, y los factores críticos de calidad para el cliente (Molteni y Cecchi, 2005).

En el trabajo se tiene claro que el principal problema del laboratorio es el incumplimiento de las fechas programadas para la ejecución de los servicios de calibración, el cual genera pérdidas económicas —73.4% por pérdida de clientes (servicios que se ejecutaron sin cumplir con la fecha), 12% por sobrecostos y 14.6% por servicios anulados—. Esto se refleja en los resultados de las encuestas de satisfacción, donde el menor nivel de satisfacción se encuentra en el primer ítem, el cual tiene un 72.3%. Por otra parte, las quejas muestran que el 24.4% de estas están relacionadas con la demora en la atención de los servicios; asimismo, con respecto a la medición del proceso, se tiene establecido un cumplimiento de las fechas programadas de

atención del servicio de 80% como mínimo, pero se cumple con el 56.2%.

Por tanto, se busca incrementar el porcentaje del cumplimiento de las fechas programadas a un 80% y, por ende, el grado de satisfacción del cliente. Para conseguirlo, los procesos están relacionados con la programación del servicio en campo y la calibración de equipos de medición, debido a que en el primero se programa y en el segundo se ejecuta propiamente el servicio. Cabe mencionar que estos tienen subprocesos, como el que se muestra en la Figura 1.

Los resultados de las encuestas de satisfacción del cliente, las quejas y los comentarios del cliente, por medio del personal del laboratorio y de una investigación interna, permiten conocer la voz del cliente y sus requerimientos (ver Tabla 3), así como el efecto de no tomar acciones sobre la opinión del cliente.

#### 2. Etapa Medir

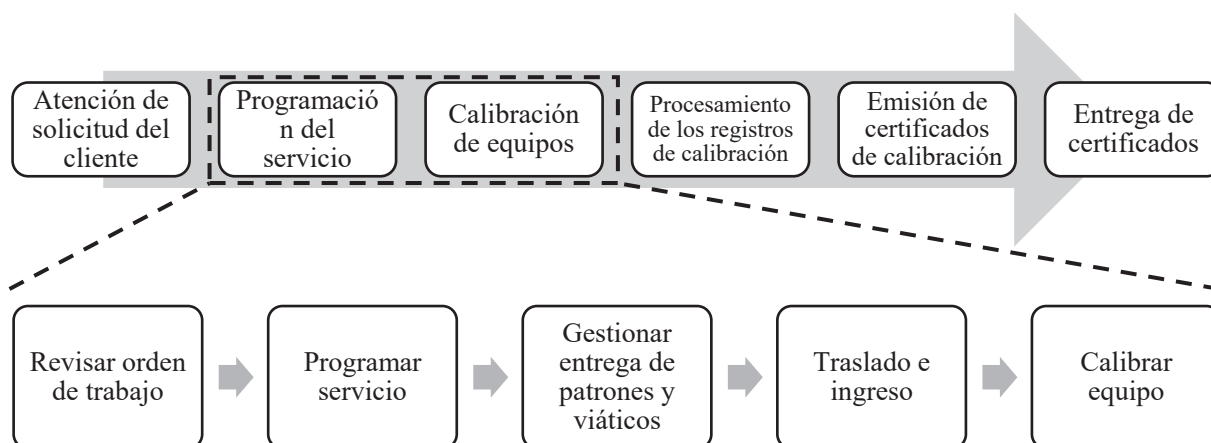
En esta etapa se evalúan las características de los procesos identificados en la primera etapa, a través de la estratificación de factores y del nivel de desempeño de los indicadores definidos, de acuerdo con lo planteado por Molteni y Cecchi (2005). Además, se observa que:

- El cumplimiento de las fechas programadas de los servicios es menor en provincias que en Lima. Sin embargo, el proceso para la ejecución de los servicios realizados en provincias es similar a los de Lima.
- El personal influye en el cumplimiento de las fechas programadas; por ejemplo, el

**Tabla 2. Matriz de análisis de datos.**

Variable dependiente		Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
H. E. 1	Cumplimiento de las fechas programadas de ejecución de los servicios de calibración realizados en campo	Ratio de cumplimiento de fechas programadas	Proporción o razón (0-100)	<b>Medidas de tendencia central:</b> media aritmética, mediana y moda <b>Medidas de variabilidad:</b> desviación estándar y coeficiente de variación <b>Tabla de frecuencias</b>	t de Student
H. E. 2	Nivel de satisfacción del cliente después de implementar la metodología Seis Sigma (6S)	Ratio de satisfacción del cliente después de implementar 6S	Ordinal (1-6)	<b>Conteo</b>	2 proporciones
H. E. 3	Nivel de quejas recibidas por programación de los servicios	Ratio de quejas recibidas por programación de los servicios después de implementar 6S	Proporción o razón (0-100)	<b>Medidas de tendencia central:</b> media aritmética, mediana y moda <b>Medidas de variabilidad:</b> desviación estándar y coeficiente de variación <b>Tabla de frecuencias</b>	t de Student

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 1.** Procesos relacionados con la calibración de equipos.

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.** La voz del cliente.

Opinión del cliente	Efecto	Requerimiento
No responden las llamadas o correos para consultas sobre la atención de los servicios Demora en la programación del servicio de calibración No se solicita confirmación de la fecha programada; y, si se realiza, no es con el usuario directo No se cumple con la fecha y la hora programadas de atención del servicio El personal que inicia el servicio es distinto al que termina, lo cual no se le comunica al cliente No se culmina con el servicio según lo programado Se reprograma el servicio a último momento El técnico no cuenta con los patrones para realizar el servicio	Pérdida de clientes Incremento de las quejas Pérdida de imagen Retrabajos Disminución de las ventas Publicidad negativa Desmotivación del personal Incremento de costos de no calidad Cancelación de servicios	Accesibilidad a la empresa Rápida respuesta a la programación Mantener una comunicación activa entre cliente-usuario para la programación de los servicios Atender el servicio y culminarlo según lo programado Comunicar posibles cambios durante la ejecución del servicio Mantener la programación del servicio Confiabilidad del servicio. Calificación de los resultados presentados El personal debe estar provisto con los patrones requeridos para atender el servicio

Fuente: Elaboración propia.

coordinador que realiza el servicio, si bien no tiene la información completa, solicita la información al hacer las coordinaciones con el cliente. Asimismo, la cantidad de servicios a programar también es influyente, por lo que se considera a los coordinadores para el análisis.

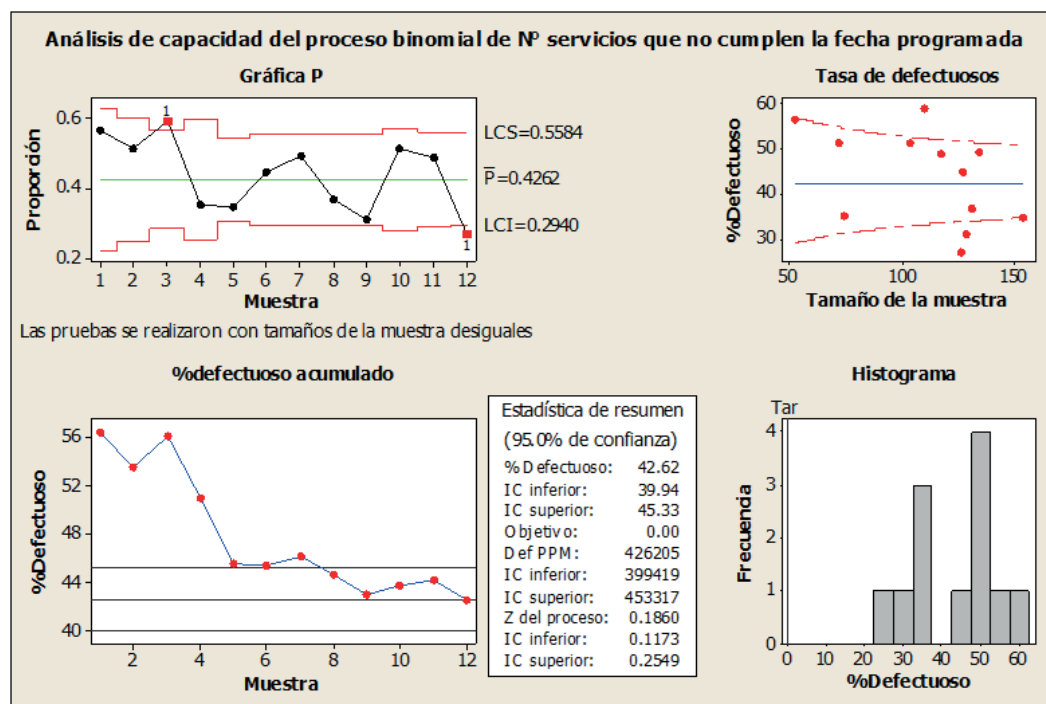
- Los resultados del cumplimiento de las fechas responden al vendedor, quien genera la orden de trabajo y consigna toda la información respecto al servicio que se brinda. A esto se le conoce como información técnica, información del contacto-usuario, etc.
- Al ser cada procedimiento de calibración distinto para su ejecución, sobre todo en el empleo de los instrumentos de medición

a emplear y en las condiciones bajo las cuales se realiza, esto afecta también en el cumplimiento de la fecha programada, tanto por la persona que debe consignar la información como por aquella que debe realizar las coordinaciones para su ejecución.

De la evaluación de desempeño del proceso (ver Figura 2) se advierte que el nivel sigma obtenido para el proceso es de 1.68 con 426205 DPMO, y con un rendimiento del 57.38%. Por lo tanto, el proceso se encuentra fuera de control y no es satisfactorio.

### 3. Etapa Analizar

Molteni y Cecchi (2005) señalan que, en esta etapa, entender la relación entre las variables y los resultados de los procesos permite la identificación



**Figura 2.** Análisis de la capacidad del proceso binomial del número de servicios que no cumplen con la fecha programada.

Fuente: Elaboración propia.

de su relación. Por medio del Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) y la identificación de posibles causas del flujograma del proceso, se identifican las causas potenciales, aquellas que son sometidas a revisión por el equipo, con la finalidad de determinar las variables que se analizan estadísticamente. De la misma manera, se busca la relación causa-efecto y el grado de contribución de la variable (X), para identificarlas a las de mayor significancia como causas raíz.

Para el análisis se emplea un nivel de significancia de 95% y son procesados con el *software* estadístico Minitab 16. A continuación, la Tabla 4 muestra el resultado del análisis de las causas raíz identificadas:

- Vendedor que genera la orden de trabajo
- Falta de comunicación con el cliente
- Coordinador que programa el servicio de calibración

#### 4. Etapa Mejorar

En esta etapa se establece el diseño y la implementación de las soluciones (Molteni y Cecchi, 2005). En otras palabras, se determinan los planes de

acción para mejorar el cumplimiento de las fechas programadas, tomando en cuenta la participación de un equipo multidisciplinario, dentro del cual resalta:

- El coordinador de campo, quien programa la fecha de atención del servicio, y examina la información que es recogida por el orden de trabajo y otras consideraciones dadas por el mismo cliente en la programación de la fecha de atención.
- El vendedor, quien genera la orden de trabajo y proporciona la información relacionada con el servicio a brindar.
- La falta de comunicación al cliente sobre la fecha programada de atención del servicio.

Asimismo, a fin de mantener e incrementar el cumplimiento de las fechas programadas, se establecen mecanismos a prueba de errores (Poka-Yokes), como los que se muestran en la Tabla 5:

Las variables (causa raíz) obtienen un incremento del cumplimiento de las fechas programadas, como se muestra en la Tabla 6, aunque no significativo cuando el  $p\text{-value} > 0.05$ . Sin embargo, se observa una disminución de la variabilidad.



**Tabla 4.** Resultados del análisis y validación de las causas raíz.

Variable X	Y	Técnica estadística	p-value	Significativa	Validación de causa
Vendedor que genera orden de trabajo (OT)	Cumple fecha programada	ANOVA dos factores	0.000	Sí	Se realiza el análisis considerando datos quincenales (X: vendedor; Y: cumple con la fecha programada). Se observa que, al no ser todas distribuciones normales, se aplica Kruskal Wallis y se encuentra que las medias son significativamente diferentes (p-value de 0.000)
	Cumple fecha programada	ANOVA un solo factor	0.000	Sí	
Falta de comunicación con cliente	Cumple fecha programada	Correlación-regresión	0.000	Sí	Con el estadístico t-2 muestras para la falta y no de comunicación con el cliente, se obtiene un p-value de 0.014 y se concluye que afecta
Persona que programa	Cumple fecha programada	t-2 muestras	0.001	Sí	—

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5.** Poka-Yokes.

Defectos	Errores	Tipo de función	Nivel
Generar la orden de trabajo sin la información técnica completa	Desconocimiento del personal de ventas	Advertencia	Detecta error en el momento
Incumplir con el programa de autorización del personal	Olvido/desconocimiento	Advertencia	Detecta error en el momento
Programar personal técnico que no esté autorizado	Desconocimiento del coordinador	Advertencia	Detecta error en el momento
Programar personal no disponible	Cruce de fechas por inadvertencias	Control	Detecta error en el momento
No disponer de patrones para el servicio	Inadvertencias	Advertencia	Detecta error en el momento
No comunicar al cliente la fecha de programación del servicio	Olvido/desconocimiento/falta de estándares	Advertencia	Elimina error en la fuente
No tener la confirmación del servicio por parte del cliente	Olvido/desconocimiento/falta de estándares	Advertencia	Elimina error en la fuente
Demorar en la programación del servicio	Olvido/desconocimiento	Advertencia	Elimina error en la fuente
Reprogramar el servicio	Olvido/desconocimiento	Advertencia	Elimina error en la fuente
No ingresar fecha programada al sistema	Olvido/desconocimiento	Advertencia	Detecta error en el momento
No comunicar al personal técnico	Olvido/desconocimiento/falta de estándares	Advertencia	Elimina error en la fuente

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6.** Comparación de resultados del antes y después de las mejoras implementadas.

Variable	Antes de mejoras		Después de mejoras		P-value
	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
Coordinador 1	57.00%	0.0522	68.88%	0.0635	0.000
Coordinador 2	62.3%	0.176	72.14%	0.0674	0.091
Vendedor 1	54.80%	0.115	62.95%	0.0602	0.078
Vendedor 2	62.00%	0.165	62.34%	0.0595	0.943
Vendedor 3	61.0%	0.189	62.80%	0.0793	0.772
Vendedor 4	52.0%	0.125	62.56%	0.0503	0.040
Vendedor 5	50.2%	0.201	62.96%	0.0959	0.067
Vendedor 6	57.8%	0.343	60.92%	0.0483	0.763
Comunicación con el cliente	64.4%	0.146	77.71%	0.0492	0.010

Fuente: Elaboración propia.

Se aprecia un incremento del nivel de satisfacción de los clientes para el cumplimiento de las fechas programadas a 84.6%, comparado con el 72.3% inicial.

## 5. Etapa Controlar

En esta etapa se debe asegurar la permanencia de los resultados (Molteni y Cecchi, 2005). Por esa razón, se busca que las variables de los procesos relacionados con el de programación y ejecución del

servicio mantengan las mejoras obtenidas. Para ello se establecen los planes de control de la Tabla 7:

Asimismo, se realizó un cuadro comparativo de los indicadores antes y después de aplicar la metodología, cuyos resultados se muestran en la Tabla 8.

De lo anterior, se desprende que, si bien se ha mejorado en el cumplimiento de la fecha programada (70.3%), este aún no ha sido lo suficiente para cumplir con la meta del 80% como mínimo.

**Tabla 7.** Plan de control.

Paso del proceso	Variable	¿Crítico?	Especificación (Característica a controlar)	Criterio de aceptación	Método de medición	Método de control
Revisar orden de trabajo	Información técnica de la orden de trabajo	Sí	Grado que las órdenes de trabajo cuentan con la información completa del equipo a calibrar	Órdenes de trabajo con la información técnica completa del equipo a calibrar	Órdenes de trabajo generadas	Gráfica tipo p Mecanismo de advertencia para completar los datos del equipo al generar la propuesta
	Personal de ventas	Sí				
Programar el servicio	Planificación	Sí	Grado de comunicación de la fecha de atención del servicio programado	Mínimo 75% de los servicios programados	Control de órdenes de trabajo	Gráfica tipo p Mecanismo de advertencia para la comunicación de la fecha al cliente
		Sí	Grado en que los servicios son programados en no más de dos días de generada la OT	Mínimo 80% de las órdenes de trabajo generadas	Control de órdenes de trabajo	Gráfico tipo p Sistema a prueba de error
	Personal técnico	Sí	Cumplimiento del programa de autorización del personal	Personal con autorización vigente	Programa de autorización	Sistemas a prueba de error
	Documentos del personal técnico	No	Mantener actualizada la base de datos del personal, considerando la vigencia de chequeo médico, inducciones, charlas, etc.	Personal técnico con requerimientos del cliente vigentes	Base de requerimientos del personal	Sistemas a prueba de error
Gestionar entrega de patrones	Patrones de medición aptos para su uso	Sí	Cumplimiento del programa de calibración y verificación de los patrones de medición	Patrones calibrados y verificados	Programa de calibración y verificación	Mecanismo a prueba de error
			Cumplimiento del programa de mantenimiento de los patrones de medición	Patrones con mantenimiento y operativos	Programa de mantenimiento	Mecanismo a prueba de error
Ejecutar el servicio	Cumplimiento de la fecha programada	Sí	Grado de cumplimiento de las fechas programadas de atención del servicio	Mínimo 85% de servicios cumplidos	Control de órdenes de trabajo	Gráfica tipo p Mecanismo de advertencia
	Satisfacción del cliente	Sí	Resultado de muy bueno en la encuesta de satisfacción del cliente	Mínimo 80% de satisfacción	Encuestas de satisfacción	Muestreo

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 8.** Cuadro comparativo de antes y después de usar la metodología.

Indicador	Antes	Después
<b>Indicadores de gestión</b>		
Cp	0.356	0.348
CEP y capacidad	Proceso incapaz e inestable	Proceso incapaz y descentrado
Porcentaje de defectuosos	42.74%	29.44%
DPMO	427 376	294 360
Z del proceso	0.1831	0.5407
Nivel sigma	1.68	2.04
Límite central-cumplimiento de la fecha programada	56.2%	70.3%
Costos variables	S/ 747 230	S/ 463 989
<b>Indicadores de calidad</b>		
Satisfacción del cliente-cumplimiento de la fecha programada	72.3%	84.6%
N.º quejas recibidas por programación	31	10
Porcentaje de quejas por cumplimiento de fecha	31.4%	19.6%

Fuente: Elaboración propia.

## DISCUSIÓN

**Hipótesis específica 1:** Impacta positivamente la aplicación de la metodología Seis Sigma en el cumplimiento de las fechas programadas de ejecución de los servicios de calibración realizados en campo. Para confirmar la hipótesis se aplicó:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde:

$\mu_1$ : La media del cumplimiento de la fecha programada de ejecución de los servicios de calibración al inicio.

$\mu_2$ : La media del cumplimiento de la fecha programada de ejecución de los servicios de calibración al final.

Por ello, para determinar si hubo mejora sobre esta variable, se comparó el antes y el después del cumplimiento de la fecha programada de ejecución del servicio, al aplicarse el t de dos muestras.

De la Figura 3 resulta que, debido a que el intervalo de confianza está entre  $<-0.2135; -0.0701>$ , no se encuentra el valor de referencia de 0 dentro de este intervalo de confianza y que el valor  $p$   $(0.001) < \alpha$   $(0.05)$ . Entonces, se rechaza  $H_0$  con una confianza de 95%.

Por lo tanto, se concluyó que el cumplimiento de las fechas programadas de ejecución de los servicios

de calibración antes y después de la aplicación de la metodología es distinto.

**Hipótesis específica 2:** Impacta positivamente la identificación de los factores de mayor influencia sobre el cumplimiento de las fechas programadas de ejecución del servicio en el nivel de satisfacción del cliente después de implementar la metodología Seis Sigma. Para confirmar la hipótesis se aplicó:

$$H_0: p(1) - p(2)$$

$$H_1: p(1) - p(2) \neq 0$$

Donde:

$p(1)$ : Proporción de clientes insatisfechos antes de implementar las mejoras.

$p(2)$ : Proporción de clientes insatisfechos después de implementar las mejoras.

Por ello, para determinar si hubo mejora sobre esta variable, se comparó el antes y después del nivel de satisfacción del cliente, al aplicarse la prueba de dos proporciones.

De la Figura 4 resulta que, debido a que el intervalo de confianza está entre  $<0.0242658; 0.221888>$ , el valor de referencia de 0 está fuera de este intervalo de confianza. Además del valor  $p$   $(0.015) < \alpha$   $(0.05)$ , se rechaza  $H_0$  con una confianza de 95%.

Se concluyó que existe diferencia entre la satisfacción del cliente respecto al cumplimiento de las fechas programadas del servicio antes y después de

**Prueba T e IC de dos muestras: %Si cumple\_Antes; %Si cumple\_Después**

T de dos muestras para %Si cumple\_Antes vs. %Si cumple\_Después

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
%Si cumple_Antes	12	0.562	0.105	0.030
%Si cumple_Después	12	0.7034	0.0498	0.014

Diferencia =  $\mu$  (%Si cumple\_Antes) -  $\mu$  (%Si cumple\_Después)

Estimado de la diferencia: -0.1418

IC de 95% para la diferencia: (-0.2135; -0.0701)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -4.22 Valor P = 0.000 GL = 15

**Figura 3.** Prueba T e IC de dos muestras: cumplimiento de fechas programadas de la atención de servicios de calibración. Antes y después de implementar la metodología Seis Sigma.

Fuente: Elaboración propia.

**Prueba e IC para dos proporciones**

Muestra	X	N	Muestra p
1	36	130	0.276923
2	20	130	0.153846

Diferencia =  $p$  (1) -  $p$  (2)

Estimado de la diferencia: 0.123077

IC de 95% para la diferencia: (0.0242658; 0.221888)

Prueba para la diferencia = 0 vs. no = 0: Z = 2.44 Valor P = 0.015

Prueba exacta de Fisher: Valor P = 0.023

**Figura 4.** Prueba para dos proporciones: nivel de satisfacción del cliente para el cumplimiento de la fecha programada. Antes y después de implementar la metodología Seis Sigma.

Fuente: Elaboración propia.

implementar las mejoras con la metodología Seis Sigma.

**Hipótesis específica 3:** Impacta positivamente la implementación de acciones sobre los factores que influyen en el cumplimiento de la fecha programada con el nivel de quejas recibidas asociado a la programación de los servicios. Para confirmar la hipótesis se aplicó:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Donde:

$\mu_1$ : La media de la ratio de quejas recibidas por programación de los servicios al inicio.

$\mu_2$ : La media de la ratio de quejas recibidas por programación de los servicios al final.

Por ello, para determinar si hubo mejora sobre esta variable, se comparó el antes y el después de la ratio de quejas recibidas por la programación de los servicios, al aplicarse el t de dos muestras.

De la Figura 5 resulta que, debido a que el intervalo de confianza está entre  $<-0.0114; 0.2470>$ , el valor

de referencia de 0 está dentro de este intervalo de confianza. Además del valor  $p (0.067) > \alpha (0.05)$ , se acepta  $H_0$  con una confianza de 95%.

Por lo tanto, se concluyó que la ratio de quejas recibidas por programación de servicios al iniciar el proyecto y la ratio de quejas recibidas por programación de servicios después de implementada la metodología son iguales.

## RECOMENDACIONES

- Concientizar a la alta dirección de la importancia de su participación en el proyecto, con el propósito de garantizar los recursos y el apoyo gerencial e impactar en la mejora hacia la organización y, principalmente, la del cliente.
- Mantener una comunicación fluida con el personal de la organización del desarrollo del proyecto, a fin de garantizar la confianza, la participación y el compromiso hacia la mejora.
- Mantener el programa de formación para el personal involucrado, directa o indirectamente, con el proceso mejorado.

### Prueba T e IC de dos muestras: %Quejas\_Antes; %Quejas\_Después

T de dos muestras para %Quejas\_Antes vs. %Quejas\_Después

				Error estándar de la media
	N	Media	Desv.Est.	
%Quejas_Antes	6	0.314	0.118	0.048
%Quejas_Después	6	0.1963	0.0528	0.022

Diferencia =  $\mu$  (%Quejas\_Antes) -  $\mu$  (%Quejas\_Después)

Estimado de la diferencia: 0.1178

IC de 95% para la diferencia: (0.0114; 0.2470)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 2.23 Valor P = 0.067 GL = 6

**Figura 5.** Prueba T e IC de dos muestras: ratio de quejas recibidas por programación de servicios. Antes y después de implementar la metodología Seis Sigma.

Fuente: Elaboración propia.

- Emplear la metodología Seis Sigma para cumplir con la entrega de los certificados de calibración, cuyo alcance son los procesos de procesamiento de los registros de calibración, emisión de los certificados de calibración y entrega de los certificados al cliente.

## CONCLUSIONES

- La aplicación de la metodología Seis Sigma impactó positivamente en el cumplimiento de las fechas programadas de ejecución de los servicios de calibración realizados en campo, al incrementar de 56.2% a 70.34%.
- La identificación de los factores de mayor influencia sobre el cumplimiento de la fecha programada de ejecución de servicios impactó positivamente en el nivel de satisfacción del cliente después de implementar la metodología Seis Sigma, al incrementar de 72.3% a 84.6%.
- La implementación de acciones sobre los factores que influyen en el cumplimiento de la fecha programada impactó positivamente en el nivel de quejas recibidas asociado a la programación de los servicios, al disminuir de 31.4% a 19.63%.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Besterfield, D. H. (2009). *Control de calidad*. México D. F., México: Pearson Educación.
- [2] Desai, D. A. (2006). Improving Customer Delivery Commitments the Six Sigma Way: Case Study of an Indian Small Scale Industry. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 2(1), 23-47.
- [3] Evans, J. R. y Lindsay, W. M. (2008). *Administración y control de la calidad*. México D. F., México: Cengage Learning.
- [4] Gryna, F. M. (2002). Investigación de mercados y marketing. En J. M. Juran y A. B. Godfrey (Coords.), *Manual de calidad de Juran* (tomo 1) (pp. 18.1-18.38). Madrid, España: McGraw-Hill.
- [5] Gutiérrez, H. (2008). Los retos de la mejora de la calidad y la productividad en las organizaciones. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 1(1), 109-124.
- [6] Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México D. F., México: McGraw-Hill.
- [7] Lankford, R. (2005). Programación de la producción. En K. Zandin, *Maynard: Manual del ingeniero industrial* (pp. 9.157-9.176). México D. F., México: McGraw-Hill.
- [8] Molteni, R. y Cecchi, O. (2005). *El liderazgo del Lean Six Sigma*. Buenos Aires, Argentina: Macchi.
- [9] Nakhai, B. y Neves, J. S. (2009). The Challenges of Six Sigma in Improving Service Quality. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 26(7), 663-684.
- [10] Oke, S. A. (2007). Six Sigma: A Literature Review. *South African Journal of Industrial Engineering*, 18(2), 109-129.
- [11] Organización Internacional de Normalización (2015). *Norma internacional ISO 9000. Sistemas de gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario*. Ginebra, Suiza: Secretaría General de ISO.
- [12] Palacio, V., Quispe, F., Ylesca, F., Cañi, E. y Velazco, C. (2013). *Rediseño y optimización de procesos de CERPER*. Lima, Perú: Instituto para la Calidad de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- [13] Pérez, D. A. (2014). *Cultura del incumplimiento empresarial en México. Ensayo*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/cultura-del-incumplimiento-empresarial-en-mexico-ensayo>.
- [14] Quijano, V. M. (2003). *Cumplimiento del servicio prometido a sus clientes*. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/cumplimiento-servicio-prometido-clientes>.
- [15] Ramos, W. A. (2013). Incremento de la productividad a través de la mejora continua en calidad en la subunidad de procesamiento de datos en una empresa courier: el caso Perú Courier. *Industrial Data*, 16(2), 59-66.
- [16] Rojas, L. C. (2008). *Implementación del sistema de gestión de calidad según la Norma ISO 9001:2000 en una industria plástica*. (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- [17] Sánchez, H. y Reyes, C. (2015). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Lima, Perú: Business Support Aneth S. R. L.