

Aplicación de control estadístico de calidad para optimizar los procesos de certificación bajo la norma NTC 5926-1 de ascensores electromagnéticos e hidráulicos

Diego Alejandro Abril Parra*

Fabian Blanco Garrido**

Fredys A. Simanca H***

Resumen

Este estudio está fundamentado en la aplicación del control estadístico de procesos para evaluar y hacer mejoras en la calidad de los servicios de inspección de transporte vertical que presta ECA, Consultorías e Interventorías de Colombia S. A. S. La empresa requiere optimizar los procesos administrativos para poder cumplir con el tiempo establecido en su procedimiento interno “PR-IVS-003: procedimiento para la prestación de servicios de transporte vertical”. Uno de los objetivos del proyecto fue aplicar la metodología DMAIC con herramientas Six Sigma, ya que estas últimas permiten determinar cuál de las actividades desarrolladas durante el proceso administrativo se encuentran fuera de control estadístico y, por ende, suponen la planificación de acciones correctivas, así como adoptar una posible solución que garantice el cumplimiento del tiempo pactado para generar confianza y garantizar la calidad del servicio prestado a los clientes de la capital de Bogotá.

Palabras clave: costos de no calidad, ONAC, *status quo*, transporte vertical

Abstract

This study is based on the application of statistical process control to assess and improve the quality of vertical transport inspection services provided by ECA Consultoría e Interventorias de Colombia S. A.S. The company needs to optimize the administrative processes in order to comply with the time established in the internal procedure “PR-IVS-003: Procedure for the Provision of Vertical Transport Services”. One of the objectives of the project was to apply the DMAIC methodology with Six Sigma tools, since they allow to determine which of the activities carried out during the administrative process are out of statistical control, and therefore are subject to planning corrective actions, as well adopting a possible solution that guarantees the fulfillment of the agreed time to generate confidence and guarantee the quality of the service provided to the clients in Bogota.

Keywords: Non-Quality Cost, ONAC, *status quo*, Vertical Transportation

* Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Libre. Contacto: diegoa.abrilp@unilibrebog.edu.co

** Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Libre. Contacto: fabian.blancog@unilibre.edu.co

*** Estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Libre. Contacto: fredysa.simancah@unilibre.edu.co

Introducción

El 14 de marzo del 2011, el Concejo de Bogotá emitió el Decreto 470 que establece “como obligatoria la revisión general anual de los sistemas de transporte vertical en edificaciones y puertas eléctricas, en el Distrito Capital”. El alcance de esta norma hizo obligatoria la revisión general anual (RGA) de los sistemas de transporte vertical en las edificaciones de la ciudad de Bogotá: ascensores, escaleras eléctricas, rampas móviles y puertas eléctricas. Por este motivo, anualmente se deberá contratar el diagnóstico y la revisión del funcionamiento de tales sistemas.

Este decreto disparó el mercado de inspección de TV, hecho que significó una oportunidad para que las empresas dedicadas a la inspección y verificación diversificaran y ampliaran sus servicios al enfocarlos en la prevención de la ocurrencia de accidentes en los sistemas de TV en edificaciones. Debe garantizarse la calidad de estos sistemas, pues, de lo contrario, los costos de *no calidad* podrían tener implicaciones bastantes grandes tanto económicas como legales.

Por otro lado, a pesar de que existe un amplio número de empresas en la industria de los elevadores, son pocas las que cuentan con un sistema de gestión de calidad implementado y certificación vigente. Las compañías líderes en el mercado nacional cuentan con certificación ISO-9001 actualizada. Este hecho ha llevado la industria del transporte vertical a mejorar sus procesos, ofrecer beneficios para los clientes, garantizar un mejor servicio, cualificar sus productos, mantener un crecimiento constante y alcanzar altos niveles de calidad (Espinoza y Hejduk, 2010).

ECA es una empresa perteneciente al grupo Bureau Veritas, cuya actividad principal es la inspección de Gas Natural Domiciliario (GND), pero que encontró en el año 2011 una oportunidad para diversificar su línea de negocios que le permitió ampliar el alcance de su organización hacia el año 2015. ECA cuenta con 19 días hábiles después de realizada una inspección para entregar los resultados al cliente final. Sin embargo, no siempre cuenta con las condiciones deseadas para cumplir con este *status quo*.

En muchos servicios, este tiempo de entrega de resultados pasa a ser mayor a un mes, lo que ocasiona inconformidad al cliente y múltiples retrasos a la hora de certificar un equipo que, además, posiblemente tenga que ser inhabilitado por falta de un certificado que le permita operar y cumplir con la normatividad vigente aplicable.

Por lo anterior, este estudio se fundamentó en la aplicación del control estadístico de procesos para evaluar y establecer mejoras en la calidad de los servicios de inspección de transporte vertical que presta ECA, Consultorías e Interventorías de Colombia S. A. S. Para ello, se implementó la metodología DMAIC con herramientas Six Sigma, que permite la simulación de eventos discretos, ya que los modelos usados se caracterizan por tomar en consideración no solo las interacciones entre las diferentes entidades, sino también la variabilidad e incertidumbre de los procesos (Ocampo y Pavón, 2012).

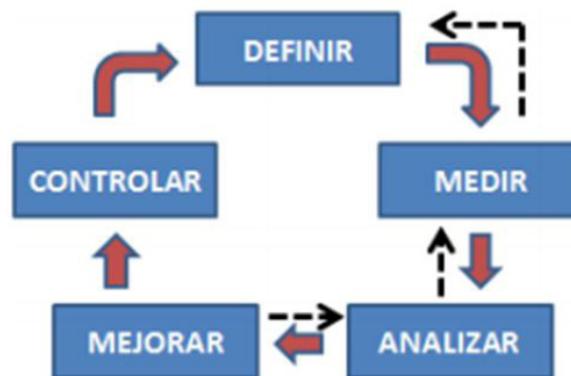
Metodología

La metodología de esta investigación es de naturaleza no experimental, toda vez que la información o las variables no se manipulan para determinar el resultado. En este caso, para definir tales variables fue necesario tener en cuenta el conjunto de aspectos y características del producto o servicio que guardan relación con su capacidad para satisfacer las necesidades expresadas o latentes del cliente (Dominguez, 2007).

Es importante resaltar que el objetivo consistió en hacer un control estadístico de la calidad de los procesos para optimizarlos bajo la norma NTC 5926-1. Para el análisis estadístico se utilizó la metodología DMAIC con herramientas Six Sigma y posteriormente se calculó la correlación existente entre los resultados.

Para poder realizar mejoras significativas de manera consistente dentro de una organización es importante tener un modelo estandarizado de mejora a seguir. Toda vez que las normas de calidad son genéricas, independientemente de la industria que las aplique, el diseño y la implementación de estas debe considerar las necesidades variables de la organización, sus objetivos particulares, los productos y servicios suministrados y los procesos prácticos específicos a utilizar (González, 2001). DMAIC es un proceso de mejora que utiliza la metodología Six Sigma, así como un modelo que sigue un formato estructurado y disciplinado (Garza *et al.*, 2016) que consiste en 5 fases conectadas de manera lógica entre sí (Ocampo y Pavón, 2012), tal como se detalla en la figura 1.

Figura 1. El proceso iterativo DMAIC de Six Sigma



Fuente: Ocampo y Pavón (2012, p. 2)

Procedimiento para la inspección de tv

ECA ha establecido ocho actividades primordiales para el desarrollo de una inspección de tv. Estas siguen de cerca la idea de que “siempre es más barato hacerlo bien a la primera que repetirlo”, toda vez que los procesos son la clave de

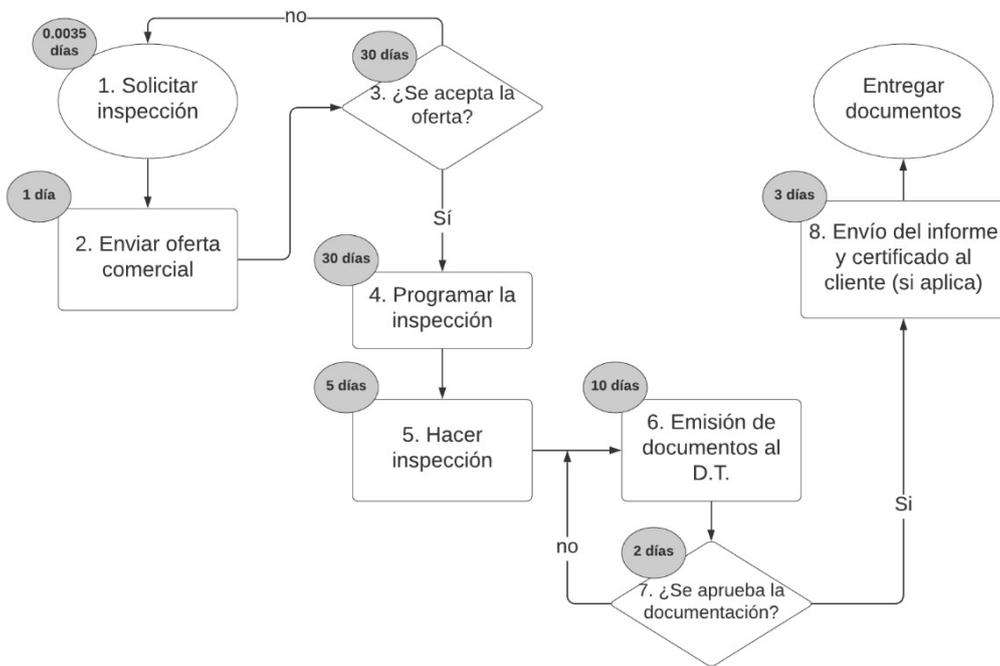
un desempeño libre de errores, mas no las personas. El 94 % de los problemas se explican por los procesos y solo el 6 % restante tiene otros orígenes; por lo tanto, lo que hay que propiciar no es la calidad, sino la perfección. En otras palabras,

es preciso entender que se trata de algo permanente: y lo más permanente es el cambio (Harrington, 1992).

Estas actividades se encuentran dentro del procedimiento interno de la compañía, titulado “PR-ADM-003: procedimiento para la prestación

del servicio de transporte vertical”, documento basado en las normas y procedimientos indicados por la norma NTC 5926-1 (Icontec, 2012). En la figura 2 se presenta un resumen de las actividades y los tiempos establecidos dentro del procedimiento.

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de inspección de transporte vertical



Fuente: elaboración propia

En diferentes ocasiones este proceso de ocho actividades no se completa a cabalidad, lo que genera reprocesos y puede aumentar los días pactados con el cliente (19 días) incluso a periodos superiores a un mes. En los peores escenarios, la inspección debe volver a realizarse, lo que representa gastos adicionales que deberán ser asumidos por ECA como consecuencia del

incumplimiento del contrato. Dentro de estos rubros imprevistos también se debe contemplar el pago a la empresa de mantenimiento por un segundo acompañamiento, pues esta sustenta la inspección nuevamente –este costo en la primera inspección debe ser asumido por el cliente y tiene un valor aproximado de \$ 250 000–.

Costos de no calidad

Los costos de la no calidad, o costos ocultos, son todos aquellos en que se incurre por no hacer las cosas bien desde el principio (actitud), por hacer actividades que no agregan valor, por efecto de los procesos que generan desperdicios o usualmente por el simple hecho de anteponer a algunos verbos el prefijo *re-*.

No identificar a tiempo estos costos ocultos ni tomar acciones sobre ellos puede traer implicaciones muy negativas para una compañía; no solo económicas, sino también legales, pues un servicio tan importante como el de inspección de TV podría afectar de forma significativa a sus usuarios. Si se llegara al punto más extremo, por ejemplo, el caso en que un ascensor responsabilidad de ECA provoque un accidente, las demandas y sanciones contra la firma podrían incluso causar su cierre parcial o definitivo.

Como se ve, la necesidad es garantizar el mejoramiento continuo de la calidad, ya que es obligante que las organizaciones busquen mecanismos para hacer su labor en forma eficiente, efectiva y con calidad (Fernandez, 2001). En este caso, para la ejecución del diagrama causa-efecto

Análisis de dispersión

Se realizó un análisis de dispersión para estudiar la relación entre las diferentes actividades del proceso administrativo de inspección de ascensores. La meta es verificar las edificaciones públicas o privadas que cuentan con sistemas de transporte vertical y puertas eléctricas, y

se tuvieron en cuenta las 6M, de las cuales se tomaron solo las que gana se consideran esenciales:

Métodos: se reflejan en la documentación, programación y oferta que se maneja en el proceso de inspección de ascensores (descritas anteriormente).

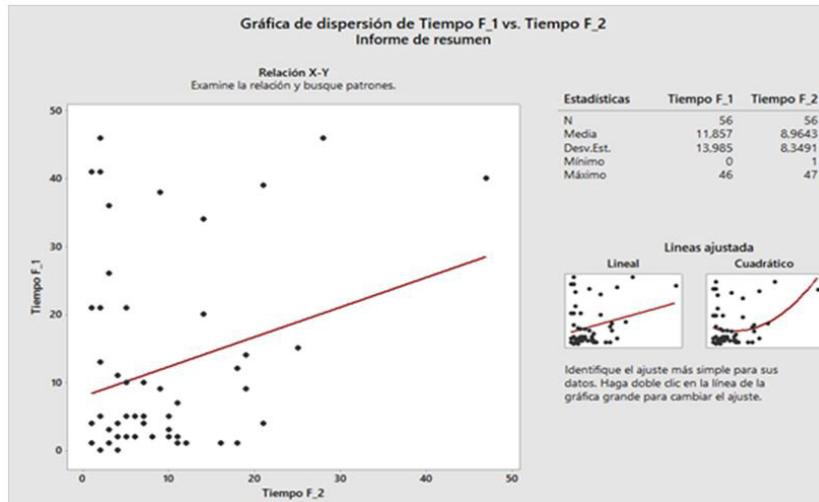
Máquinas: en el proceso que se está analizando, estas se ven reflejadas en las inspecciones que se realizan –que tienen en cuenta los equipos que se usan, así como su calibración y verificación–.

Mediciones: representan la información que recolecta el inspector para determinar las conformidades e inconformidades del estado en que se encuentra el ascensor. Con base en estas se emiten los informes pertinentes.

Personal: se define en las actividades de emisión de la documentación, la aprobación y aceptación, que involucran el capital humano que ejecuta la inspección (inspector) y a la directora técnica. Este elemento discrimina la competencia y capacitación de estas personas.

certificar a aquellas que cumplen con los lineamientos establecidos en el Decreto 663 de 2011. La figura 3 permite identificar visualmente la relación entre las actividades e interpretar los datos.

Figura 3. Diagrama de dispersión: relación entre tiempo-fecha de emisión de la documentación vs. tiempo-fecha de inspección



Fuente: elaboración propia

Resultados y análisis

Durante el segundo semestre del año se inspeccionaron un total de 56 edificios y 143 ascensores. En la figura 4 se puede observar que los datos presentan una variación desigual: hay dependencia directa (positiva), es decir, a grandes

valores de x corresponden grandes valores y . En otras palabras, la relación entre la variable independiente y la variable dependiente es alta y positiva.

Figura 4. Diagrama de dispersión: relación de tiempo-fecha de emisión del informe al cliente vs. tiempo-fecha de aprobación de la Dirección Técnica

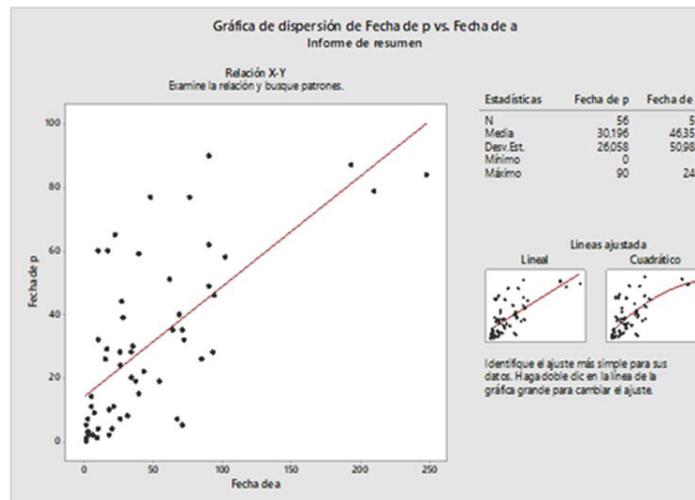


Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los datos graficados presentan una variación desigual, de acuerdo con los patrones presentados en la gráfica anterior.

Hay dependencia inversa o negativa. La relación entre la variable independiente y la variable dependiente es alta y positiva.

Figura 5. Diagrama de dispersión: relación tiempo-fecha de aceptación vs. tiempo-fecha de programación



Fuente: elaboración propia

Se puede observar que los datos graficados presentan una variación desigual, de acuerdo con los patrones presentados en la gráfica anterior. Hay dependencia directa (positiva), es decir, a grandes valores de x corresponden grandes valores de y . Sin embargo, a diferencia de los casos anteriores, la relación entre la variable independiente y la variable dependiente es altamente negativa.

En los siguientes análisis el lector podrá evidenciar la distribución de los datos de cada actividad del proceso de inspección de ascensores, que definirán la asimetría, la curtosis y su capacidad. Los datos obtenidos de cada relación fueron:

Actividad 1: solicitar inspección

El proceso se encuentra dentro del control estadístico, debido a que todas las causas son comunes y se encuentran en los límites establecidos (figura 6).

Figura 6. Solicitud de inspección



Fuente: elaboración propia

En cortas palabras, el proceso es capaz. Además, se tiene en cuenta que el *status quo* es de 0,0035 días (5 minutos) y la media es de 0,0035 días (5 minutos), por lo que es estable. Este tiempo es un promedio estimado de 5 minutos, durante

los que se recibe la llamada, se toman los datos principales (correo electrónico, los equipos que se van a inspeccionar, etc.) y se indica que se enviará una oferta al día siguiente.

Compromiso de oportunidad [ecuación 1]

Para este caso no es posible realizar un compromiso de oportunidad, ya que la media real es

exactamente igual a la deseada en el *status quo* (tabla 1).

Tabla 1. Compromiso de oportunidad de la actividad 1

Meta	Target	Compromiso
0,0035	0,0035	0,0000

Fuente: elaboración propia

La fórmula de tiempo-fecha de programación vs. tiempo-fecha de aceptación es la mejor ecuación

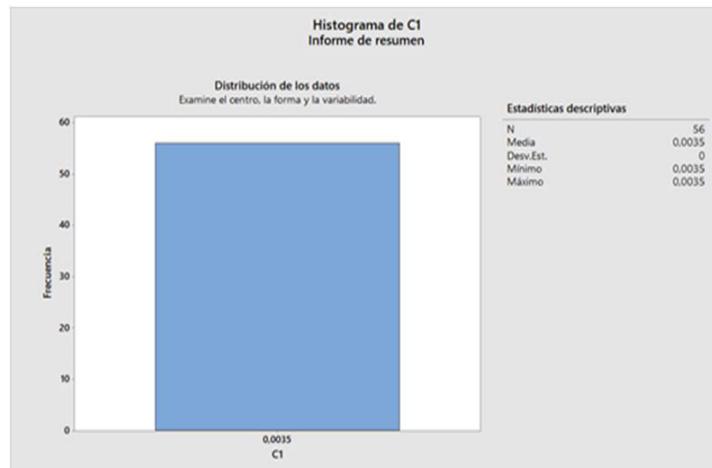
entre las tres obtenidas, de acuerdo con el R (tabla 2).

Tabla 2. Imágenes Landsat utilizadas en el proyecto

	Tiempo de la fecha de emisión de la documentación vs. tiempo de la fecha de inspección	Tiempo de la fecha de emisión del informe al cliente vs. tiempo de fecha de aprobación DT	Tiempo de la fecha de programación vs. tiempo de la fecha de aceptación
R	13,6249	13,0704	19,2985
R ²	6,8	14,2	46,1
R ² ajustado	5,1	12,7	45,1

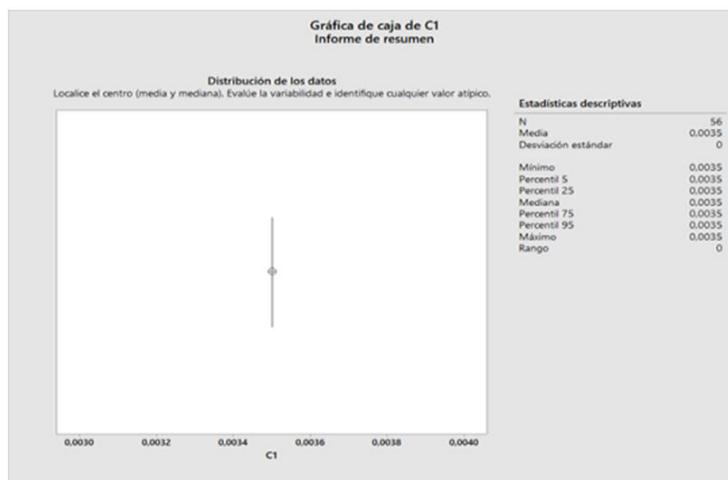
Fuente: elaboración propia

Figura 7. Histograma de distribución de los datos



Fuente: elaboración propia

Figura 8. Informe de resumen C



Fuente: elaboración propia

Debido a que la actividad 1 demora 5 minutos, no se puede determinar la distribución de los datos, ya que es la misma para toda la actividad.

Es importante recordar que esta solicitud es vía telefónica o vía email, por lo que no hay variación en los datos.

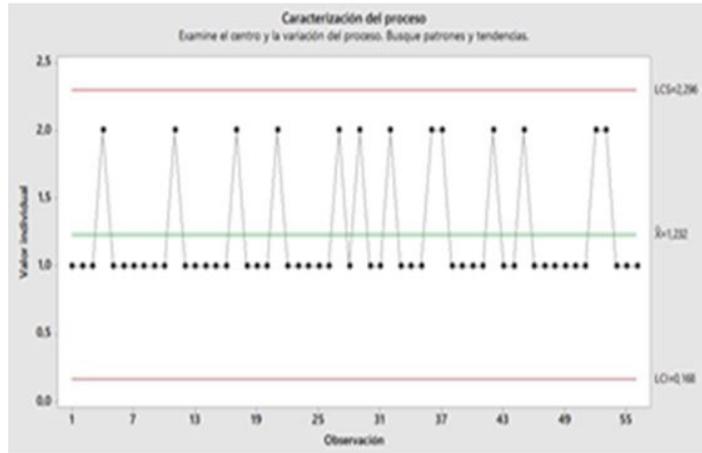
Actividad 2: envío de oferta al cliente

Para la actividad 2, los datos presentan una distribución asimétrica positiva, es decir que existe mayor concentración de valores a la derecha de

la media que a su izquierda. Además, el grado de concentración de los datos es platicúrtica. El proceso se encuentra dentro del control estadístico,

debido a que todas las causas son comunes y se encuentran en los límites establecidos. En otros términos, el proceso es capaz de ofertar y distribuir los datos (figuras 9, 10 y 11).

Figura 9. Fecha de oferta

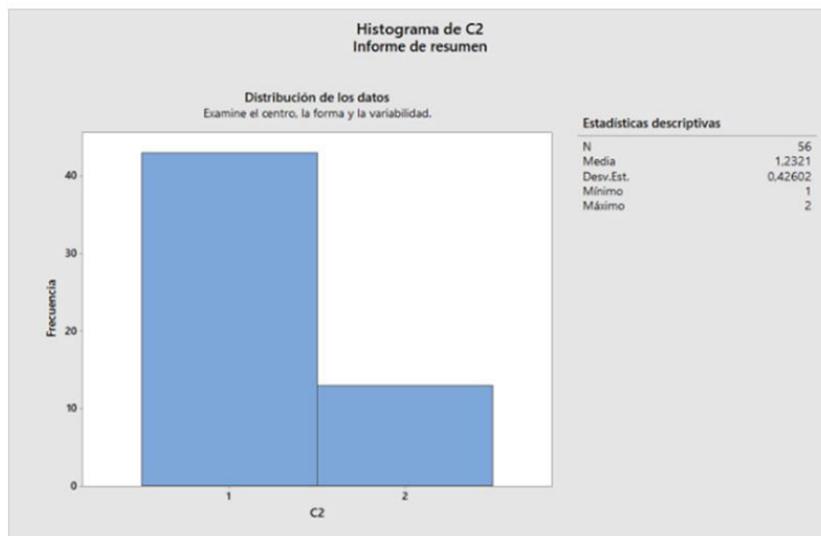


Fuente: elaboración propia

Figura 10. Informe de resumen histograma C2

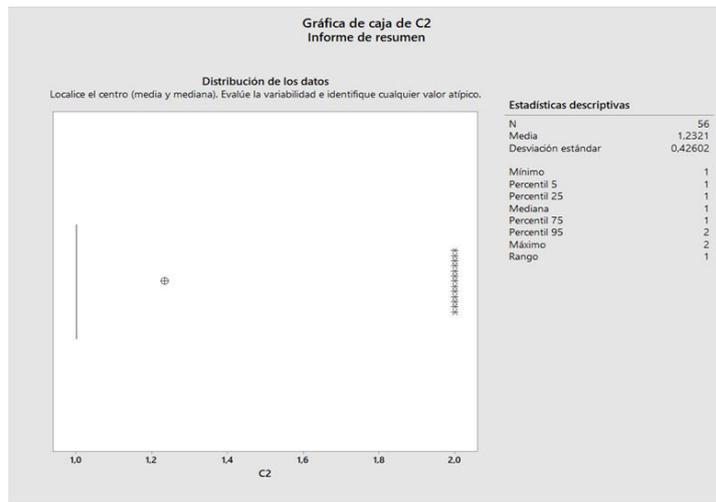
Estadísticos descriptivos: C2

Variable	Media	Mínimo	Mediana	Máximo	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
C2	1,2321	1,0000	1,0000	2,0000	1	43	1,30	-0,31



Fuente: elaboración propia

Figura 11. Gráfica de caja de tiempo de oferta

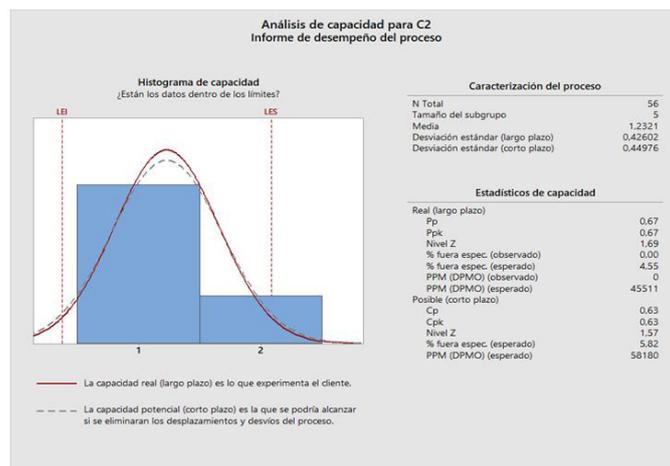


Fuente: elaboración propia

Respecto al análisis de tiempo de la oferta, se determinó que los datos no se encuentran en una población distribuida normalmente, ya que la prueba de Anderson Darling es adecuadamente

grande (Carmona y Carrión, 2015). Además, el valor p , que tiende a 0.6, es menor, por lo que se deduce que es un valor crítico (figura 12).

Figura 12. Análisis de capacidad para tiempo de oferta



Fuente: elaboración propia

La actividad se encuentra fuera de los límites de especificación que se deben cumplir. De esto se colige que el proceso no está siendo capaz: la dispersión es mayor a la especificación. En otras

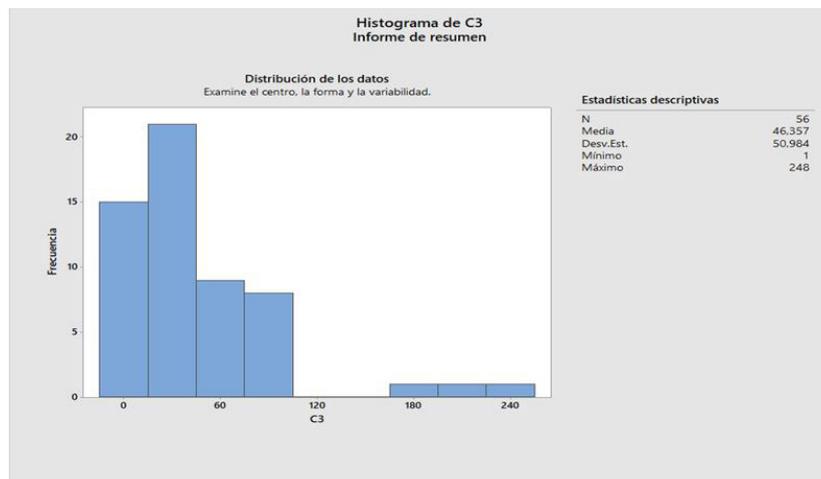
palabras, no se está cumpliendo con las expectativas del cliente. Esto también se puede comprobar con el Pp y el Cp , que fueron menores que 1.

Actividad 3: aceptación del cliente

Se tiene en cuenta que el *status quo* es de 1 día y la media es de 1,232 días, por lo que es estable. Un día después, o máximo 2 días después de recibida la solicitud de inspección, es enviada la oferta comercial por parte del área de mercadeo

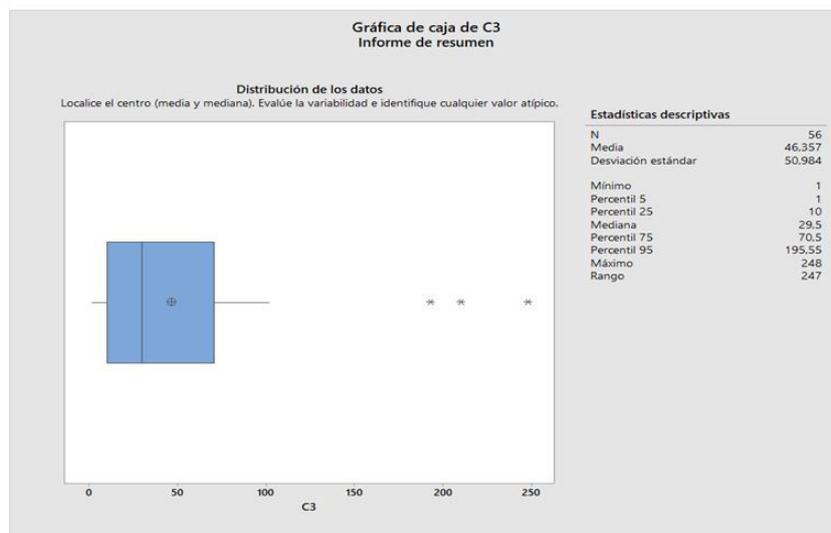
y ventas. En esta se indican todas las condiciones y el costo total de los equipos a inspeccionar, con el fin de que sea aceptada por el cliente (figura 13).

Figura 13. Histograma de tiempo de aceptación



Fuente: elaboración propia

Figura 14. Caja de tiempo de aceptación

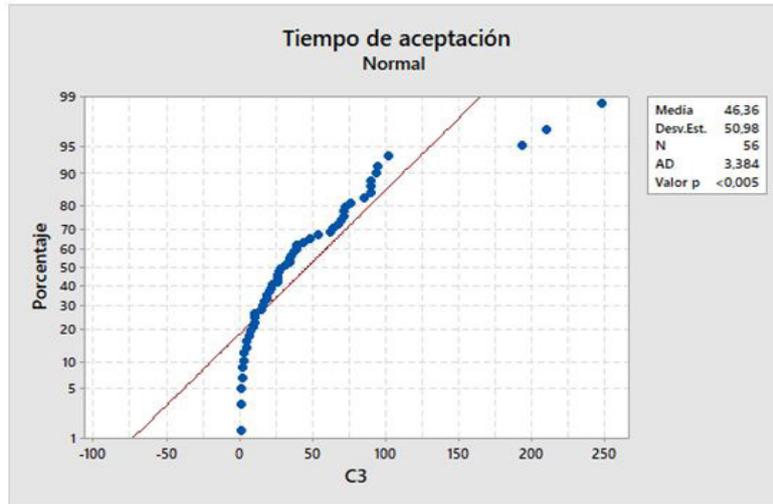


Fuente: elaboración propia

Para la actividad 3, los datos presentan una distribución asimétrica positiva, es decir que existe mayor concentración de valores a la derecha de la media que a su izquierda. Además, el grado

de concentración de los datos es leptocúrtica. En el diagrama de caja se puede apreciar que existen valores atípicos, a saber, 3 puntos (figura 15).

Figura 15. Gráfica prueba de normalidad de tiempo de aceptación

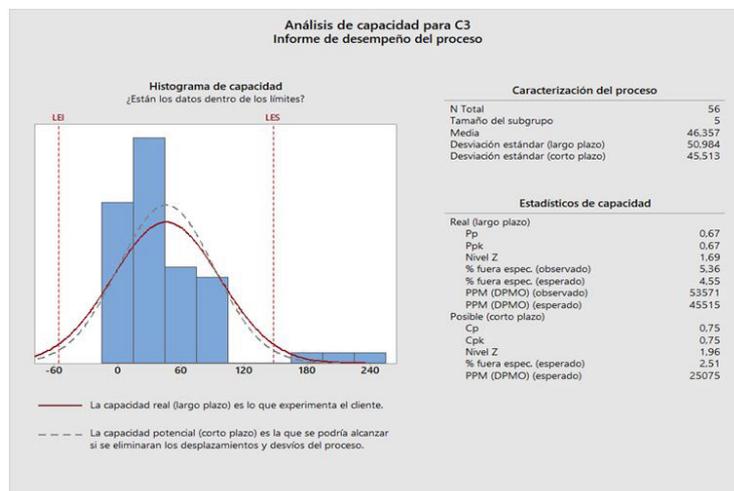


Fuente: elaboración propia

De lo anterior se puede determinar que los datos no se encuentran en una población distribuida normalmente, ya que la prueba de Anderson

Darling es adecuadamente grande. Además, el valor p , que tiende a 0.6, es menor, por lo que se deduce que es un valor crítico.

Figura 16. Análisis de capacidad para tiempo de aceptación



Fuente: elaboración propia

La actividad se encuentra fuera de los límites de especificación que se deben cumplir, hecho que evidencian los tres valores atípicos en el diagrama. Esto indica que el proceso no está siendo

capaz, porque la dispersión es mayor a la especificación, y no está cubriendo las expectativas del cliente. Esto también se puede comprobar con el Pp y el Cp , que fueron menores que 1.

Actividad 4: programación de inspección

Compromiso de oportunidad [ecuación 1]

En esta actividad se observa que hay servicios que sí alcanzan a llegar al límite de control superior, pero que siguen estando dentro de la tolerancia establecida; sin embargo, en esta actividad sí se encuentra un compromiso de oportunidad de casi 15 días. Con esto, la media real estaría mucho más cerca de la media planificada.

Para la actividad 4, los datos presentan una distribución asimétrica positiva, es decir que existe mayor concentración de valores dependiendo del tiempo de programación. En este paso, la actividad se encuentra dentro del control, ya que, de 56 puntos, ninguno está fuera del límite. Lo anterior significa que es capaz de cumplir con el *status quo* y es estable, porque la media real (30,02 días) se encuentra muy cerca de la media planificada (30 días). Después de aceptada la oferta, se espera que la programación del equipo a inspeccionar se realice dentro de los siguientes 30 días –como máximo, se podrá programar la visita hasta dentro de 3 meses–. Las figuras 17, 18 y 19 detallan el proceso.

Tabla 3. Compromiso de oportunidad actividad 4

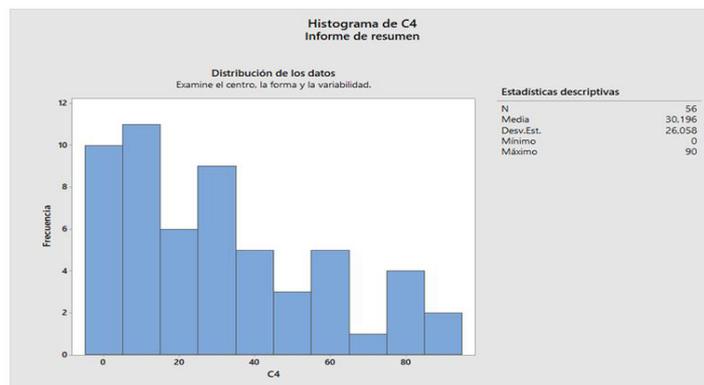
Meta	Target	Compromiso
30	15,3071	14,6929

Fuente: elaboración propia

Figura 17. Histograma de tiempo de programación

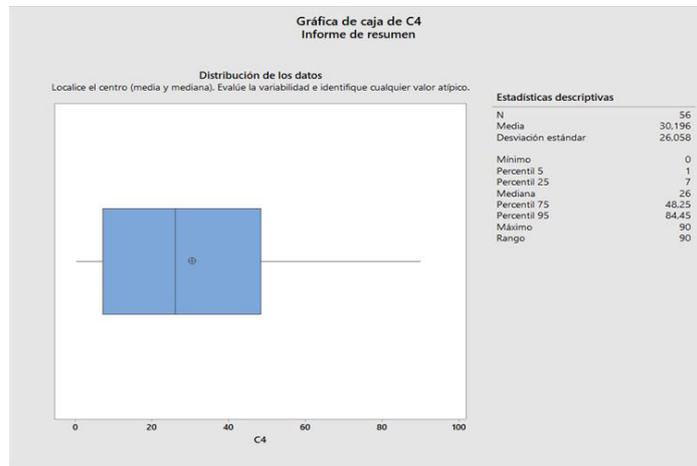
Estadísticos descriptivos: C4

Variable	Media	Mínimo	Mediana	Máximo	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
C4	30,20	0,00	26,00	90,00	2; 7; 28	3	0,77	-0,46



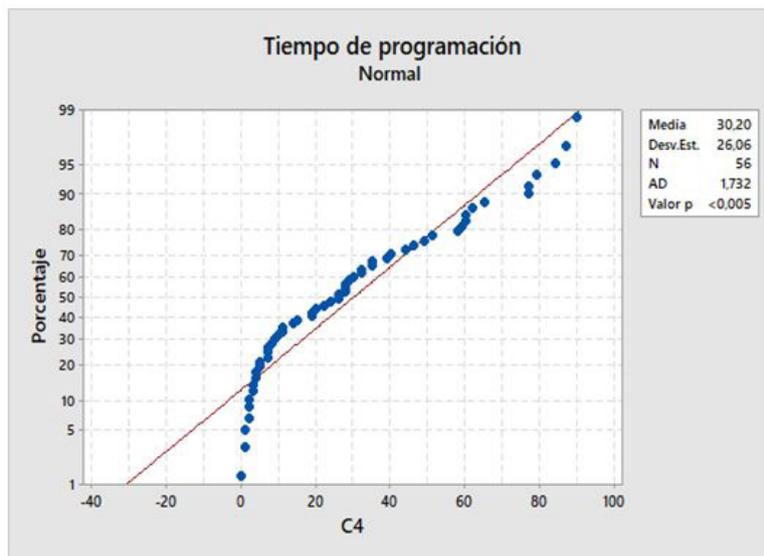
Fuente: elaboración propia

Figura 18. Gráfica de caja de tiempo de programación



Fuente: elaboración propia

Figura 19. Gráfica prueba de normalidad de tiempo de programación

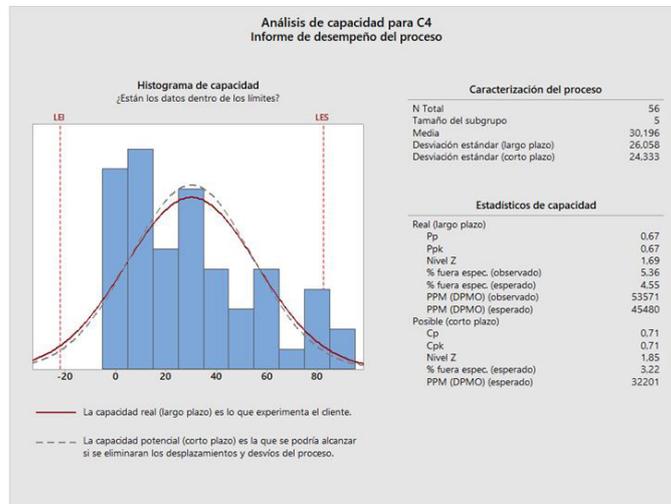


Fuente: elaboración propia

Las figuras anteriores permiten determinar que los datos no se encuentran en una población distribuida normalmente, ya que la prueba de Anderson Darling es adecuadamente grande. En este punto es importante recordar que esta prueba se utiliza para verificar si una muestra de datos proviene de una población con

distribución específica, basada en la función de distribución empírica (Carmona y Carrión, 2015). Además, el valor p , que tiende a 0.6, es menor, por lo que se deduce que es un valor crítico. En estos casos se debe hacer un análisis de capacidad para establecer nuevamente el tiempo de programación (figura 20).

Figura 20. Análisis de capacidad para tiempo de programación



Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, la actividad se encuentra por encima del límite de especificación que se debe cumplir. En este sentido, el proceso no es capaz porque la dispersión es mayor a la especificación, lo que, en términos prácticos, significa

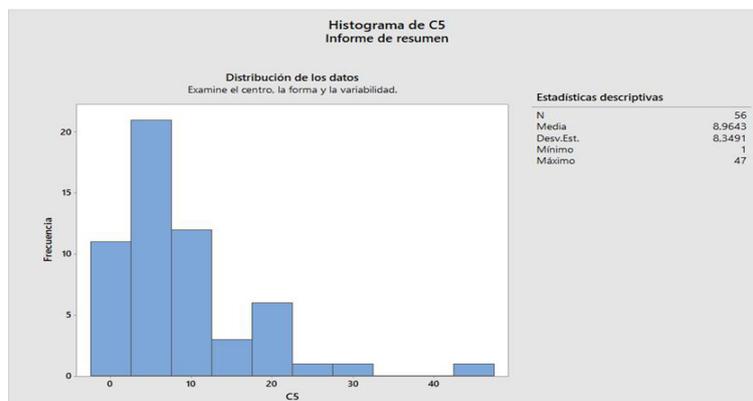
que no se están satisfaciendo las expectativas del cliente. Esto también se puede comprobar con el Pp y el Cp , en los dos casos menores que 1.

Actividad 5: inspección

Figura 21. Histograma de tiempo de inspección

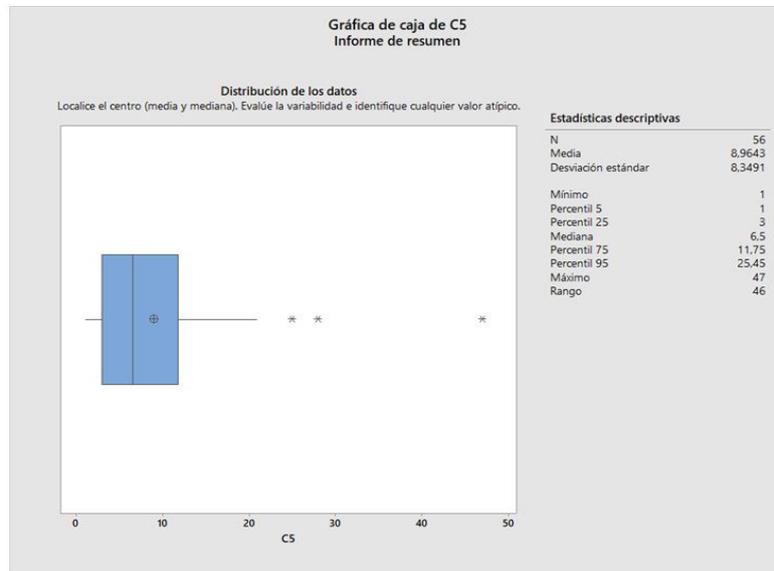
Estadísticos descriptivos: C5

Variable	Media	Mínimo	Mediana	Máximo	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
C5	8,96	1,00	6,50	47,00	2; 5	7	2,19	6,89



Fuente: elaboración propia

Figura 22. Caja de tiempo de inspección

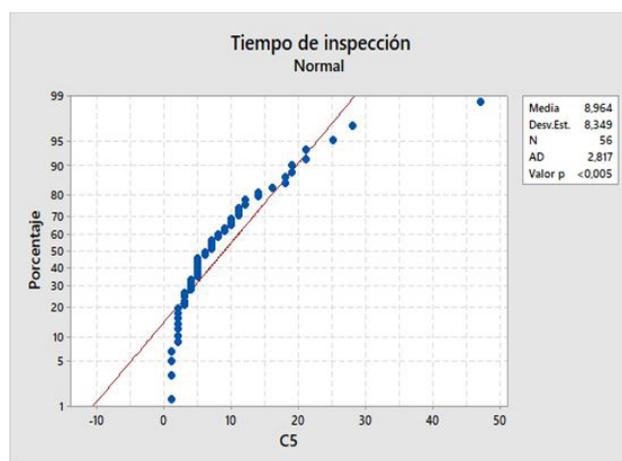


Fuente: elaboración propia

Para la actividad 5, los datos presentan una distribución asimétrica positiva, es decir que existe mayor concentración de valores a la derecha de la media que a su izquierda. Además, el grado

de concentración de los datos es leptocúrtica. En el diagrama de caja se ven que existen valores atípicos (3 puntos).

Figura 23. Gráfica prueba de normalidad de tiempo de inspección

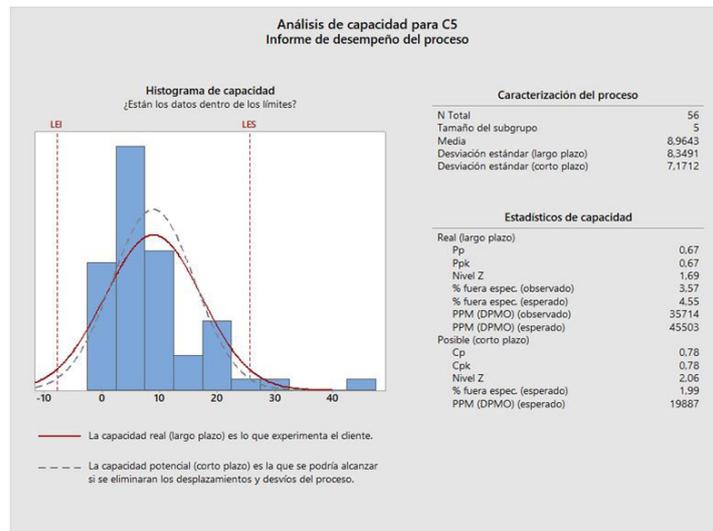


Fuente: elaboración propia

La figura 23 permite determinar que los datos no hacen parte de una población distribuida normalmente, ya que la prueba de Anderson

Darling es adecuadamente grande. Además, el valor p , que tiende a 0.6, es menor, por lo que se deduce que es un valor crítico.

Figura 24. Análisis de capacidad para tiempo de inspección



Fuente: elaboración propia

Esta actividad se encuentra fuera de los límites de especificación que se deben cumplir, hecho evidenciado por los tres valores atípicos en el diagrama. Es decir que el proceso no es capaz, porque la dispersión es mayor a la

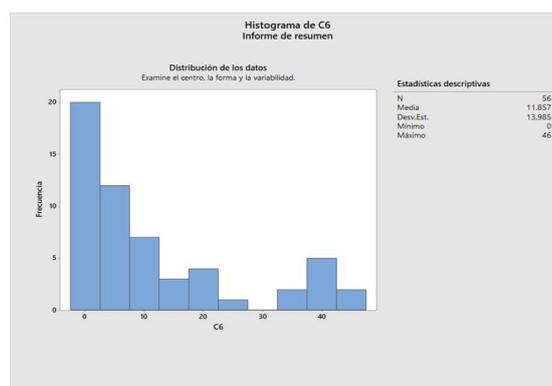
especificación, y, por ende, no se están satisfaciendo las expectativas del cliente. Esto también se puede comprobar con el Pp y el Cp , en ambos casos menores que 1.

Actividad 6: emisión de la documentación

Figura 25. Histograma de tiempo de emisión de documentación

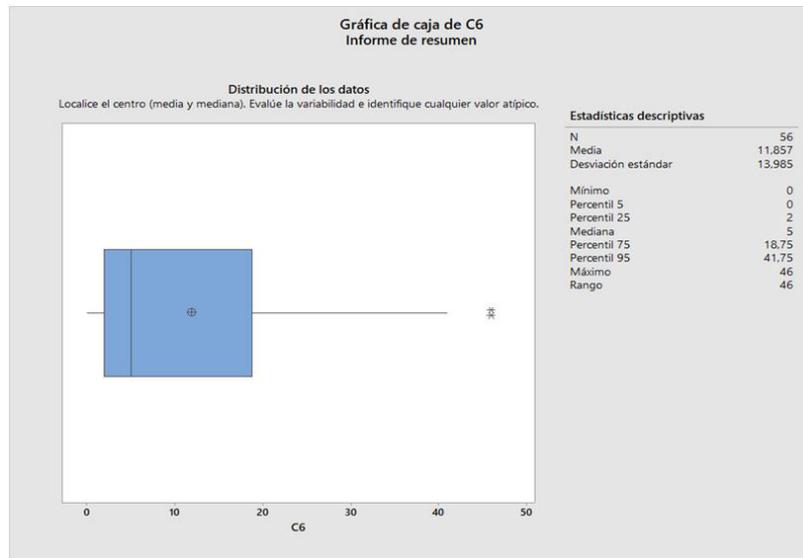
Estadísticos descriptivos: C6

Variable	Media	Mínimo	Mediana	Máximo	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
C6	11,86	0,00	5,00	46,00	2	10	1,32	0,40



Fuente: elaboración propia

Figura 26. Gráfica de caja de tiempo de emisión de la documentación

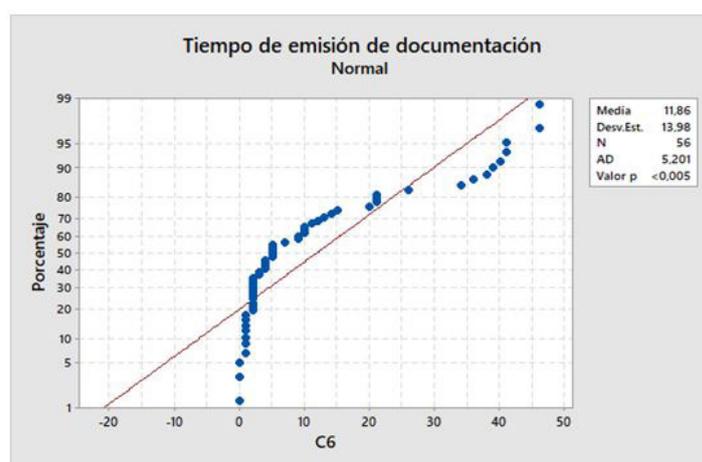


Fuente: elaboración propia

Para la actividad 6, los datos presentan una distribución asimétrica positiva, es decir que existe mayor concentración de valores a la derecha de la media que a su izquierda. Además, el grado

de concentración de los datos es leptocúrtica. En el diagrama de caja se ven que se presentan valores atípicos.

Figura 27. Gráfica prueba de normalidad de tiempo de emisión de la documentación

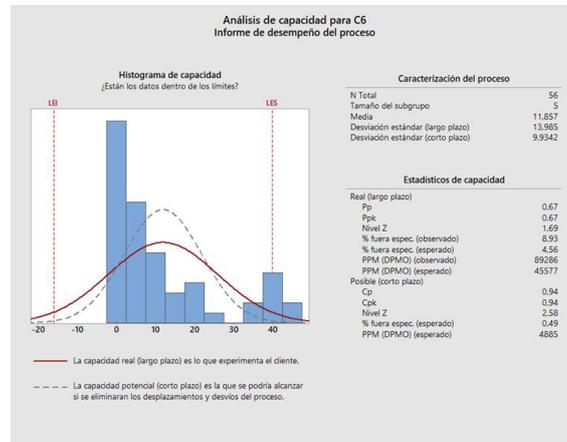


Fuente: elaboración propia

La figura anterior evidencia que los datos no hacen parte de una población distribuida normalmente, ya que la prueba de Anderson Darling

es adecuadamente grande y tiende a 0.4 y 0.5. Además, el valor p , que tiende a 0.6, es menor, por lo que se deduce que es un valor crítico.

Figura 28. Análisis de capacidad para tiempo de emisión de la documentación



Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, la actividad se encuentra fuera de los límites de especificación que se deben cumplir, hecho ratificado por los valores atípicos que presenta el diagrama. Es decir que el proceso no es capaz, porque la dispersión es

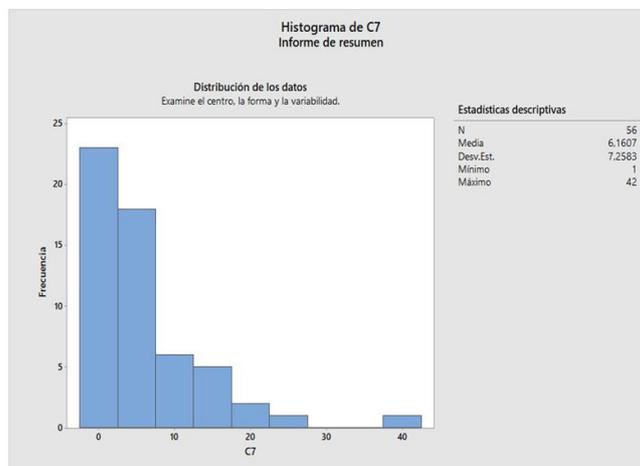
mayor a la especificación, lo que se traduce en la imposibilidad de satisfacer las expectativas del cliente. Esto también se puede comprobar con los valores del Pp y el Cp , en ambos casos menores que 1.

Actividad 7: aprobación del DT

Figura 29. Histograma de tiempo de aprobación DT

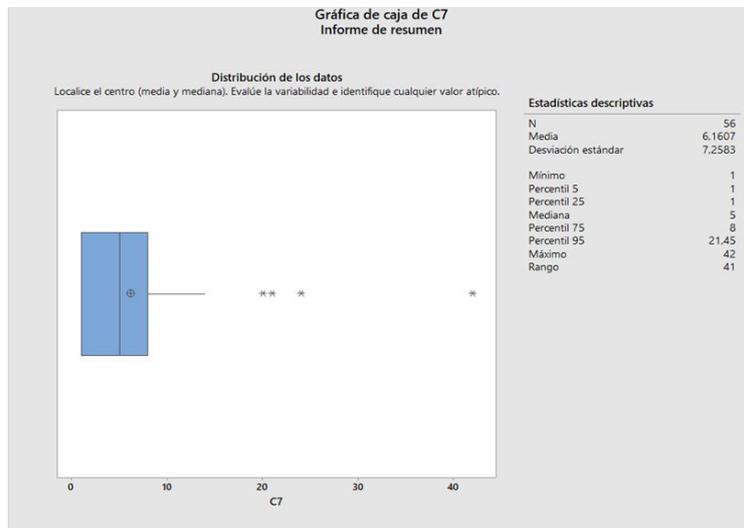
Estadísticos descriptivos: C7

Variable	Media	Mínimo	Mediana	Máximo	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
C7	6,161	1,000	5,000	42,000	1	17	2,80	10,45



Fuente: elaboración propia

Figura 30. Gráfica de caja de tiempo de aprobación DT

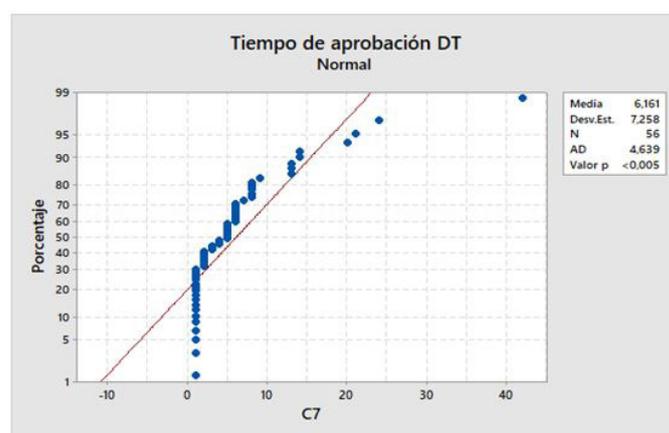


Fuente: elaboración propia

Para la actividad 7, tiempo en que la documentación es aprobada por el director técnico (DT), los datos presentan una distribución asimétrica positiva, es decir que existe mayor concentración de valores a la derecha de la media que a

su izquierda. Además, el grado de concentración de los datos es leptocúrtica. En el diagrama de caja se puede apreciar la presencia de valores atípicos (4 puntos).

Figura 31. Gráfica prueba de normalidad de tiempo de aprobación DT

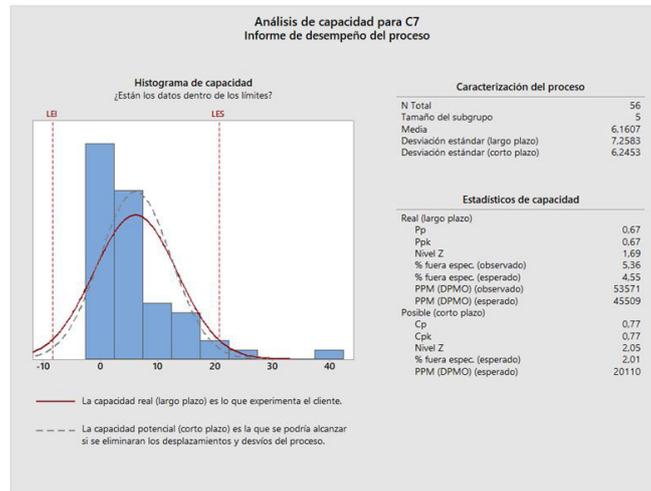


Fuente: elaboración propia

Se puede determinar que los datos no hacen parte de una población distribuida normalmente, ya que la prueba de Anderson Darling es

adecuadamente grande. Además, el valor p , que tiende a 0.6, es menor, por lo que se deduce que es un valor crítico.

Figura 32. Análisis de capacidad para tiempo de aprobación DT



Fuente: elaboración propia

La actividad se encuentra fuera de los límites de especificación que se deben cumplir, hecho evidente por los cuatro valores atípicos presentes en el diagrama. Es decir que el proceso no es capaz, porque la dispersión es mayor a la

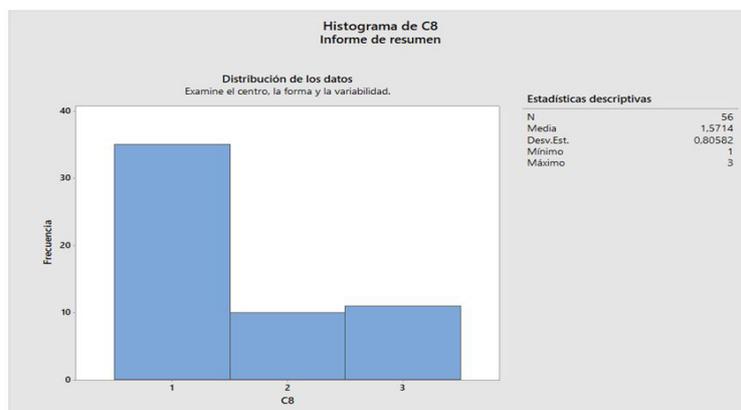
especificación, y, por ende, no cumple con las expectativas del cliente. Esto también, se puede comprobar con los valores del Pp y el Cp, en ambos casos menores que 1.

Actividad 8: emisión del informe al cliente

Figura 33. Histograma de tiempo de emisión de informe al cliente

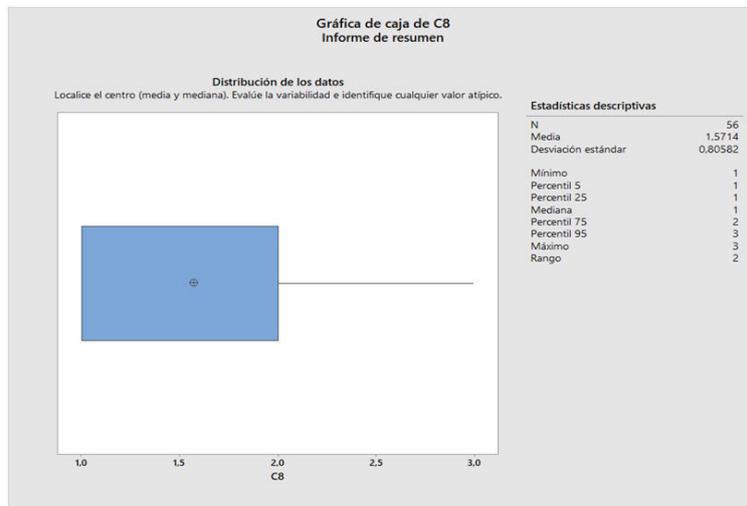
Estadísticos descriptivos: C8

Variable	Media	Mínimo	Mediana	Máximo	Modo	N para moda	Asimetría	Curtosis
C8	1,571	1,000	1,000	3,000	1	35	0,95	-0,77



Fuente: elaboración propia

Figura 34. Gráfica de caja de tiempo de emisión de informe al cliente

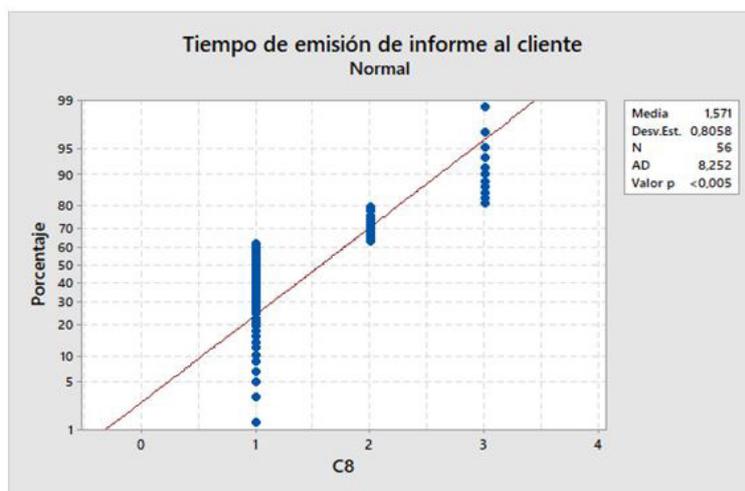


Fuente: elaboración propia

Para la actividad 8, tiempo de emisión del informe al cliente, los datos presentan una distribución asimétrica positiva, es decir que existe

mayor concentración de valores a la derecha de la media que a su izquierda. Además, el grado de concentración de los datos es platicúrtica.

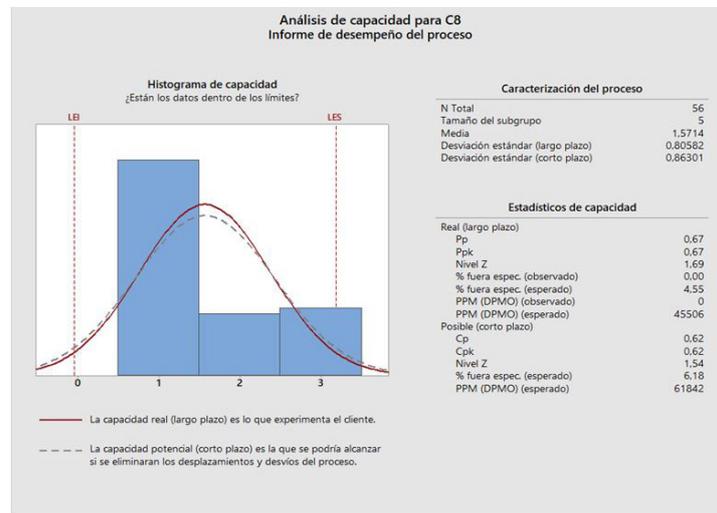
Figura 35. Gráfica prueba de normalidad de tiempo de emisión de informe al cliente



Fuente: elaboración propia

La figura anterior permite observar que los datos no se encuentran en una población distribuida normalmente, ya que la prueba de Anderson

Darling es adecuadamente grande. Además, el valor p , que tiende a 0,6, es menor, por lo que se deduce que es un valor crítico.

Figura 36. Análisis de capacidad para tiempo de emisión de informe al cliente

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar, la actividad se encuentra fuera de los límites de especificación que se deben cumplir, por lo que el proceso no es capaz, porque la dispersión es mayor a la

especificación. Es decir que no se están cumpliendo las expectativas del cliente. Esto también se puede comprobar con los valores del Pp y el Cp , ambos menores que 1.

Conclusiones

Como se puede evidenciar en la figura 1, titulada “Diagrama de flujo del proceso administrativo de inspección de transporte vertical”, fueron ocho las actividades primordiales a las que fueron aplicadas las herramientas estadísticas de la metodología Six Sigma: diagrama de causa-efecto, gráfica de Pareto, gráficas de dispersión, análisis de regresión y control estadístico de procesos. Los resultados de este estudio evidencian que el proceso general presenta problemas con el cumplimiento de los tiempos estipulados en el procedimiento interno “PR-IVS-003: procedimiento prestación del servicio de transporte vertical tv” y en la entrega del informe al cliente.

Por esta razón, se deduce que la oportunidad de mejora para este problema radica en sistematizar el proceso, con el fin de que el flujo de la información sea constante y veraz. Esta acción disminuiría los tiempos de retraso, especialmente en las ocasiones en que la información es represada por el inspector y, por ende, no recibe la revisión oportuna de la directora técnica, encargada de aprobar y emitir los resultados al cliente.

A partir del análisis anterior, se busca que la organización implemente un sistema de control de la información que ordene la digitalización de todos los formatos que debe registrar el inspector al realizar la inspección del equipo. Esta acción brindará trazabilidad y transparencia al proceso

y facilitará la adecuada gestión de la documentación emitida en tiempo real. Actualmente, estos formatos se diligencian manualmente, lo que a veces conlleva malas interpretaciones de la información allí registrada, así como devoluciones de los informes emitidos y retrasos generales.

A manera de solución, proponemos diseñar un sistema de información mediante una aplicación, a la que solo tendrá acceso el personal autorizado. A través de este canal se realizará el seguimiento del proceso, con la finalidad de verificar el desempeño del control aplicado a cada una de las actividades mencionadas con anterioridad a través del tiempo. Sin duda, su implementación reducirá el nivel de incertidumbre y disminuirá el tiempo de ejecución de las

actividades del proceso. Tentativamente, esta veeduría sería supervisada por la directora técnica o el líder a cargo. Igualmente, este ejercicio tendría en cuenta las evaluaciones periódicas que hacen los clientes que reciben los informes. Lo anterior, con el objeto de evaluar el servicio que se está prestando y adecuarlo a las necesidades y expectativas de los clientes.

Para calcular el compromiso de mejora, se toman los tres mejores tiempos de cada actividad y se promedian; este valor se llama ENTITLEMENT. Posteriormente, se halla la media de todos los valores, llamada BASELINE. Con estos dos valores se halla la ventana de oportunidad de la siguiente manera:

$$\text{Ventana de oportunidad} = (\text{ENTITLEMENT} - \text{BASELINE}) * 0,7$$

Una vez se obtenga la ventana de oportunidad, se procede a hallar el TARGET:

$$\text{TARGET} = \text{Ventana de oportunidad} + \text{BASELINE}$$

Con este valor, y tras determinar la meta de la actividad, se halla el compromiso de oportunidad [ecuación 1]:

$$\text{Compromiso de oportunidad} = \text{Meta} - \text{TARGET}$$

Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (30 de diciembre del 2011). Decreto 663 de 2011: Por el cual se reglamenta el Acuerdo Distrital 470 de 2011. RE: 4804. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=45188&dt=S>
- Carmona, M. y Carrión, H. (2015). *Potencia de la prueba estadística de normalidad Jarque-Bera frente a las pruebas de Anderson-Darling, Jarque-Bera Robusta, Chi-Cuadrada, Chen-Shapiro y Shapiro-Wilk* [tesis de grado]. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/94337>
- Concejo de Bogotá, D. C. (14 de marzo del 2011). Decreto 470 de 2011: "Por el cual se establece como obligatoria la revisión general anual de los sistemas de transporte vertical en edificaciones y puertas eléctricas en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones. RE: 4617. Recuperado de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=41761>
- Domínguez, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista Cubana Salud Pública*, 33(3). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662007000300020
- Espinoza, E. y Hejduk, I. (2010). Modelo de administración de la mejora continua para pequeñas y medianas empresas mexicanas. *Ide@s Concyteg*, 5(65), 1307-1334. Recuperado de http://www.concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/65052010_MODELO_ADMINISTRACION_MEJORA_CONTINUA_PYMES.pdf
- Fernandez, E. (2001). *Gestión del mejoramiento continuo*. La Habana: Universidad Tecnológica de La Habana.
- Garza, R., González, C., Rodríguez, E. y Hernández, C. (2016). Aplicación de la metodología DMAIC de Seis Sigma con simulación discreta y técnicas multicriterio. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 22, 19-35. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=233148815002>
- González, O. (2001). Modelo conceptual para el diseño e implementación de un sistema de calidad con fines de certificado bajo normas ISO9000. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 10(1), 73-78. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5314021>
- Harrington, H. (1992). *Mejoramiento de los procesos de la empresa*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Icontec. (24 de septiembre del 2012). *Norma Técnica NTC Colombiana 5926-1. Criterios para las inspecciones de ascensores, escaleras mecánicas, andenes móviles y puertas eléctricas. Parte 1: ascensores*

electromecánicos e hidráulicos. Bogotá: Autor. Recuperado de <https://www.sagaelevacion.com/wp-content/uploads/2017/07/norma-ntc-5926-1.pdf>

Ocampo, J. y Pavón, A. (2012). *Integrando la metodología DMAIC de Seis Sigma con la simulación de eventos discretos en Flexsim*. Ponencia presentada en la Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. LACCEI, Ciudad de Panamá, Panamá. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/264044270_Integrando_la_Metodologia_DMAIC_de_Seis_Sigma_con_la_Simulacion_de_Eventos_Discretos_en_Flexsim