

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Propuesta de Redistribución de Personal en el Área de Cultivo de Rosas Standard y Rosas Spray de la Florícola Denmar S.A. para el mejoramiento de su productividad

**Belén Begnini Acosta
Sebastián Andreas Andrade Ron
Kevin Alexander Andrade Vega**

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Quito, 11 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Propuesta de Redistribución de Personal en el Área de Cultivo de Rosas
Standard y Rosas Spray de la Florícola Denmar S.A. para el mejoramiento
de su productividad**

Belén Begnini Acosta

Sebastián Andreas Andrade Ron

Kevin Alexander Andrade Vega

Nombre del profesor, Título académico

Kenya Velasco Tapia, MS

Quito, 11 de diciembre de 2024

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Belén Begnini Acosta

Código: 00216617

Cédula de identidad: 1718898073

Nombres y apellidos: Sebastián Andreas Andrade Ron

Código: 00323004

Cédula de identidad: 1723200430

Nombres y apellidos: Kevin Alexander Andrade Vega

Código: 00321652

Cédula de identidad: 0605065150

Lugar y fecha: Quito, 11 de diciembre de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

El presente proyecto se enfoca en mejorar la productividad en el área de cultivo de rosas standard y rosas spray de Denmar S.A., una empresa florícola ecuatoriana. Empleando la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), se busca resolver el problema de exceso de personal en el área de cultivo, que ha ocasionado ineficiencias operativas y costos adicionales no previstos. A través de un análisis detallado de datos y la aplicación de herramientas de mejora continua, se plantean soluciones para optimizar la distribución del personal y el rendimiento global del área de cultivo. Los resultados indican que, si bien el proceso de cultivo está bajo control, la tasa de corte de los trabajadores es un factor susceptible de mejorar o empeorar la eficiencia total si no se toman medidas correctivas. Por lo que, las medidas implementadas resultaron en importantes mejoras de productividad. En particular, se logró redistribuir a 42 de los 81 empleados excedentes sin afectar la capacidad de satisfacer la demanda mediante la implementación de un sistema de redistribución de personal con un aumento en el rendimiento de global de los trabajadores.

Palabras clave: DMAIC, sector florícola, productividad, redistribución de personal, mejora continua.

ABSTRACT

The present project focuses on improving productivity in the cultivation area of standard and spray roses at Denmar S.A., an Ecuadorian floriculture company. Using the DMAIC methodology (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control), the goal is to address the issue of excess personnel in the cultivation area, which has led to operational inefficiencies and unforeseen additional costs. Through a detailed data analysis and the application of continuous improvement tools, solutions are proposed to optimize personnel distribution and overall performance in the cultivation area. The results indicate that, while the cultivation process is under control, the workers' cutting rate is a factor that could either improve or worsen overall efficiency if corrective measures are not taken. Consequently, the implemented measures resulted in significant productivity improvements. Specifically, 42 of the 81 surplus employees were successfully redistributed without compromising the ability to meet demand, through the implementation of a personnel redistribution system that increased overall worker performance.

Key words: DMAIC, floriculture sector, productivity, personnel redeployment, continuous improvement.

TABLA DE CONTENIDO

DERECHOS DE AUTOR	3
ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN	4
UNPUBLISHED DOCUMENT	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN.....	10
REVISIÓN LITERARIA	12
METODOLOGÍA.....	14
DESARROLLO DEL TEMA.....	16
Descripción de la empresa	16
Definir	16
Problema	16
Objetivos	17
Project Charter	18
Matriz VOC	18
Preguntas de Investigación	18
Flujograma	19
Medir.....	19
Plan de Medición	19
Cartas de Control	21
Capacidad del Proceso	22
Analizar.....	23
Diagrama de Caja.....	23
ANOVA	23
Ishikawa	24
AMEF	25
TOC.....	25
Implementar	26
5S	26
Plan de Mantenimiento	27
Capacitaciones	28
Kaizen	29

Sistema de Control de Tiempos	29
Poka Yoke.....	30
Formato de Medición de la Tasa de Corte	31
Redistribución del Personal	31
Controlar	34
Estabilidad y Capacidad del Proceso	34
Tasa de Corte Actual.....	35
Análisis Costo Beneficio.....	36
Sistema de Evaluación de Proyecciones Futuras con Rendimientos Base	37
LIMITACIONES.....	37
CONCLUSIONES.....	38
RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXO 1: Project Charter	42
ANEXO 2: Matriz VOC	43
ANEXO 3: Flujograma.....	44
ANEXO 4: Tamaño de Muestra	45
ANEXO 5: Supuestos para Cartas de Control	46
ANEXO 6: Cartas de Control	47
ANEXO 7: Prueba de bondad del ajuste.....	55
ANEXO 8: Capacidad del Proceso	60
ANEXO 9: Diagrama de Caja.....	65
ANEXO 10: Supuestos ANOVA.....	66
ANEXO 11: ANOVA.....	67
ANEXO 12: Ishikawa.....	68
ANEXO 13: Criterios AMEF	69
ANEXO 14: AMEF	71
ANEXO 15: TOC	74
ANEXO 16: Tamaño de Muestra – Post Redistribución	75
ANEXO 17: Cartas de Control – Post Redistribución.....	76
ANEXO 18: Análisis de Capacidad – Post Redistribución	83
ANEXO 19: Pruebas T	87
ANEXO 20: Análisis Costo Beneficio	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	20
Tabla 2	22
Tabla 3	33
Tabla 4	34
Tabla 5	35
Tabla 6	36

Introducción

El sector florícola en Ecuador desempeña un papel crucial en la economía, siendo uno de los principales países exportadores de flores a nivel mundial. Actualmente, Ecuador se posiciona como el tercer exportador mundial de flores, capturando el 10% del mercado global, luego de Países Bajos y Colombia, que ocupan el primer y segundo lugar respectivamente (Expoflores, 2023). Esta posición destaca la relevancia de Ecuador en el comercio internacional de flores, consolidándolo como un actor clave en la industria florícola global. Además, en comparación con su competidor más cercano, Colombia, se puede ver que, aunque el dinamismo del mercado internacional de flores ha permitido que ambos países presenten un crecimiento, en 2023 Ecuador tuvo una evolución superior exportando 3.8% más que 2022, mientras que Colombia tan solo un 1.4% (Expoflores, 2023). Esta ventaja en volumen de exportación y su estrategia de diversificación de mercados indica que Ecuador está en buen camino para tener una mayor y estable participación en el comercio internacional.

En Ecuador el sector florícola representa el 5.2% de las exportaciones no petroleras y no mineras, equivalentes a \$987 millones y a su vez constituye el 8% del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola, consolidándose como la quinta actividad agrícola más importante del país (Expoflores, 2023). Definitivamente, el sector florícola es de gran trascendencia para el crecimiento y desarrollo económico del país porque no solo es una fuente principal de ingresos no petroleros, sino que también genera empleo y oportunidades a las familias de las regiones productoras. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2024), existen 834 empresas dedicadas al cultivo de flores, generando más de 53,941 empleos. Pero considerando empleos directos e indirectos, se han generado más de 100 mil empleos en total, teniendo de 10 a 12 trabajadores por hectárea principalmente en Pichincha y Cotopaxi (Expoflores, 2023). Esto

indica que el recurso humano es de gran importancia en la producción de flores puesto que se requiere de la suficiente mano de obra para satisfacer la demanda creciente y dinámica del mercado internacional de flores.

Dentro de este contexto, según Haro & Borsic (2019) la florícola Denmar S.A. destaca como una de las diez empresas más grandes del país en el sector florícola, lo que la convierte en un referente clave para la realización de este proyecto. Cabe mencionar que, Denmar S.A dispone actualmente de 14 fincas en el Ecuador, de las cuales 9 son destinadas específicamente para el cultivo de rosas standard y rosas spray (Denmar S.A, 2024). La empresa ha decidido enfocarse en el cultivo de rosas ya que este, en particular, tiene una participación predominante en las exportaciones de flores, constituyendo el 74% del total, lo que equivale a \$733 millones (Expoflores, 2023). Esto refuerza la importancia de optimizar la productividad en el cultivo de rosas, dada su relevancia para la balanza comercial del Ecuador. Además, el 35% del personal operativo de la empresa se encuentra en el área de cultivo (Denmar S.A, 2024). Por lo que, la gestión eficiente de los recursos humanos es clave para mejorar la productividad y rentabilidad de la empresa.

Con todas estas premisas, y sabiendo que, a pesar del éxito de Denmar S.A en el mercado internacional, la empresa enfrenta desafíos para optimizar su producción en un entorno de alta competencia y demanda creciente, este proyecto tiene como objetivo principal proponer una redistribución del personal del área de cultivo de rosas standard y rosas spray de la florícola Denmar S.A mediante la aplicación de la metodología DMAIC con el fin de mejorar su productividad y rentabilidad. Varios proyectos de mejora continua han resultado exitosos a través de la metodología DMAIC. razón por la cual, este trabajo se desarrolla bajo las cinco etapas que la integran.

Revisión Literaria

Esta sección incluye la revisión literaria de estudios previos que evidencian la versatilidad y efectividad de la aplicación de la metodología DMAIC en diferentes industrias. Los cuales presentan resultados positivos en la optimización y mejora continua de procesos, así como en la gestión eficiente de recursos humanos en varios sectores como el florícola, el manufacturero, el hospitalario y servicios. Estos estudios serán de sustento para el desarrollo de la propuesta metodológica para el caso de estudio en la florícola Denmar S.A.

Un ejemplo clave de la aplicación de DMAIC en la gestión de recursos humanos se llevó a cabo en el Hospital León Becerra de Guayaquil, donde la implementación de esta metodología permitió crear un modelo de planificación y control del personal de enfermería, el cual facilita la toma de decisiones sobre cómo distribuir el personal en base a fluctuaciones en la demanda y a la disponibilidad del personal; para finalmente reducir la variabilidad de la utilización del personal en más de un 50% (Ayala & Castillo, 2016). Este enfoque señala la importancia de adaptar la distribución de recursos humanos a las fluctuaciones de la demanda, tal como se pretende hacer en Denmar S.A.

Otro estudio relevante sobre la optimización de recursos humanos en hospitales empleó un algoritmo genético para perfeccionar la distribución del personal en sectores de alta demanda, como las unidades de emergencia. Este enfoque logró una asignación más eficaz del personal, generando un incremento del 36% en la eficiencia de utilización de los recursos humanos disponibles (Apornak et al., 2020). Aunque este estudio no se basa específicamente en la metodología DMAIC, comparte principios fundamentales con ella, como el análisis sistemático y la búsqueda continua de mejoras en los procesos para optimizar la distribución del personal.

En cuanto al sector florícola, siendo este muy relevante para este proyecto, DMAIC ha demostrado su eficacia con beneficios tangibles en empresas ecuatorianas como Fiesta Flowers y Rose Connection. En Fiesta Flowers, tras la implementación de la metodología en el área de cultivo, se logró identificar cuellos de botella en la cadena de producción y a su vez impactó en la mejor asignación del personal en el área de cultivo; dando como resultado un incremento del 5.92% en la productividad (Domínguez, 2023). De forma similar, Rose Connection experimentó una reducción notable en defectos de producción y un incremento del 6.45% en la productividad del área de cultivo tras implementar DMAIC en sus procesos (Matute, 2017).

Por otro lado, la versatilidad de DMAIC también se puede ver en el sector de servicios, como lo demuestra un estudio en una empresa de servicios de limpieza en Perú. La optimización en la asignación de personal resultó en un aumento del 84.6% en la eficiencia de las actividades planificadas, junto con una reducción significativa en costos operativos asociado al personal (Aedo, 2023). Este estudio destaca la importancia de una herramienta de medición del rendimiento del personal y que la aplicación de herramientas de DMAIC no se limita a sectores industriales, sino que también este enfoque puede ser efectivo en la optimización de recursos en empresas de servicios.

En el sector manufacturero, la implementación de DMAIC en una planta de producción de acero logró reducir los tiempos de inactividad en un 9%, mejorando notablemente la eficiencia en el uso de recursos y reduciendo costos operativos (Patil & Inamdar, 2024). Este caso muestra la aplicabilidad de DMAIC en entornos industriales complejos para optimizar procesos y reducir los costos asociados a la pérdida de tiempo.

Por último, una investigación actual en el campo de la optimización de recursos humanos ha explorado el uso de un modelo digital basado en Inteligencia Artificial (IA). Este estudio reveló

que la incorporación de tecnología avanzada puede mejorar significativamente la eficiencia en la distribución del personal, alcanzando un aumento del 79.2% en la utilización de recursos humanos (Gao, 2024). Si bien este enfoque se centra en el uso de algoritmos de IA, comparte el objetivo fundamental de la metodología DMAIC: la mejora continua y la optimización de procesos críticos. En el contexto de Denmar S.A, la implementación de DMAIC se beneficiará de conceptos afines, como el análisis sistemático de la demanda y la asignación estratégica del personal en los sectores de cultivo de rosas.

En conclusión, estos estudios confirman que la aplicación de la metodología de DMAIC en la redistribución de personal no solo es viable, sino que ha demostrado su eficacia en múltiples sectores para aumentar la rentabilidad y optimizar los recursos humanos.

Metodología

El enfoque metodológico del presente proyecto se basa en la metodología DMAIC, ampliamente utilizada en la mejora continua de procesos industriales. Como parte integral de Six Sigma, iniciativa adoptada por la industria como una herramienta de gestión empresarial para mejorar las capacidades operativas y reducir los defectos en cualquier proceso (Mittal et al., 2023), DMAIC ha demostrado su eficacia en diversos sectores mejorando procesos y eliminando defectos mediante la aplicación de una gran variedad de herramientas analíticas y la toma de decisiones basada en datos. DMAIC proporciona un marco sistemático para identificar y resolver problemas a través de cinco etapas clave: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Fases de la metodología DMAIC

1. **Definir (Define):** En esta fase inicial, se identifica el problema o área de mejora, estableciendo objetivos claros y comprendiendo las expectativas del cliente para ver si el proyecto tiene potencial. Esta etapa incluye la creación de un “Project Charter”, el cual es

un documento que describe el proyecto, delimita el alcance y alinea al equipo con las metas de la empresa, permitiendo que las siguientes fases estén alineadas con las expectativas del cliente (Montgomery, 2013).

2. **Medir (Measure):** En esta fase, el propósito principal es evaluar y entender el estado actual del proceso (Montgomery, 2013). Es decir, se recolectan datos precisos sobre el rendimiento actual del proceso o del área que se busca mejorar, mediante la identificación de métricas clave y estableciendo una línea base. Es crucial obtener información confiable y suficiente para tomar decisiones informadas y cuantificar potenciales mejoras.
3. **Analizar (Analyse):** Durante esta fase, se emplean herramientas estadísticas y de calidad para identificar las causas raíz de los problemas o las fuentes de variabilidad. Estas herramientas usan datos históricos o los datos que fueron recolectados en la fase de Medir, los cuales dan una idea acerca de causas potenciales de los problemas que el proceso está experimentando (Montgomery, 2013). El objetivo es comprender los factores que generan defectos o ineficiencias en el proceso y cómo abordarlos, de modo que permite al equipo enfocarse en las áreas específicas que requieren mejoras.
4. **Mejorar (Improve):** Esta fase es fundamental para desarrollar e implementar soluciones basadas en el análisis causal previo teniendo en cuenta la satisfacción del cliente y los objetivos comerciales definidos. Este es un proceso de pensamiento creativo acerca de los cambios específicos o modificaciones que se pueden hacer en los procesos para aumentar la eficiencia y reducir defectos (Montgomery, 2013). Las soluciones se prueban y ajustan antes de su implementación completa, es decir, se hacen pruebas piloto.
5. **Controlar (Control):** Esta es la última fase, en donde se establecen estrategias o mecanismos de control para garantizar la sostenibilidad de las mejoras a largo plazo, es

decir, que el proceso siga funcionando de manera óptima. Esto incluye la creación de un plan de control de procesos que funcione como un sistema de monitoreo continuo de la solución implementada, el cual también tenga métodos y métricas para periodos de auditorías y capacitaciones regulares con el fin de mantener el desempeño dentro de los límites deseados (Montgomery, 2013).

En esencia, la metodología DMAIC es un ciclo estructurado de mejora continua que abarca desde la identificación de problemas hasta la implementación y control de soluciones, asegurando mejoras sostenibles y cuantificables en los resultados organizacionales (Mittal et al., 2023). Todo esto la convierte en una herramienta invaluable para la mejora de la florícola Denmar. S.A.

Desarrollo del Tema

Descripción de la empresa

Denmar, una empresa florícola fundada en 1990 en Ecuador. Cuenta con 14 fincas localizadas entre Tabacundo, Quinche, Cotacachi y Puerto Quito. La empresa tiene más de 350 hectáreas y se dedica a la producción y exportación de rosas standard, rosas spray y diversas flores de verano. La empresa tiene dos áreas principales, cultivo que es en donde la empresa cuenta con invernaderos y donde los trabajadores se encargan de la siembra, el cuidado y corte de las flores. Luego post-cosecha, en la cual, tras el corte, las flores pasan por un proceso de selección y clasificación para luego ser empacadas. (Denmar S.A., 2024)

Definir

Problema

Al inicio del año en Denmar S.A., cada área de la empresa debe elaborar presupuestos proyectados de personal y costos respectivos. La supervisión y control de dichos presupuestos está a cargo del departamento financiero. Recientemente se llevó a cabo una revisión que detectó

una diferencia notable en el departamento de cultivo. El presupuesto original para el cultivo de rosas standard y rosas spray en condiciones normales sin días festivos como San Valentín y el Día de la Madre es para 741 empleados. Sin embargo, existe un total de 822 trabajadores en cultivo que indica un exceso de 81 individuos y también un exceso en el presupuesto dado que aproximadamente cada año se estima un costo adicional por cada persona de \$7000 tomando aspectos como gastos en transporte, alimentación y horas extra. Por otro lado, cultivo le dice al departamento financiero que necesita esas personas para poder cumplir con la demanda de post-cosecha y es ahí donde se genera el problema.

Objetivos

Se busca la mejor manera de poder solucionar el problema y por ello el objetivo general es redistribuir el exceso de personal (81 personas) asignado al cultivo de rosas standard y rosas spray durante el periodo de la semana 37 a la semana 47 del 2024, mediante la aplicación de la metodología DMAIC para mejorar la productividad de otras áreas sin afectar la capacidad de satisfacer la demanda de post-cosecha. Los objetivos específicos son: el primero se refiere al crear un formato que brinde a los supervisores de cultivo la capacidad de medir la tasa de corte de cada trabajador. El segundo objetivo es encontrar la fuente del desperdicio de personal en el área de cultivo usando la metodología DMAIC. El tercer objetivo es agregar los rendimientos de los cosechadores a las proyecciones futuras que la empresa proporciona, para encontrar la cantidad de personal necesaria. Por último, el cuarto es mejorar los rendimientos globales para permitir la redistribución del personal sin que afecte el cumplimiento de la demanda de post-cosecha.

Project Charter

Con esta información se armó un *Project Charter*, este documento resume el proyecto, su alcance y las fechas estimadas de inicio y finalización. También incluye unas métricas clave para evaluar si el proyecto fue bueno. Estas métricas se alinean con los objetivos de la empresa y también incluye los beneficios que traerá el proyecto. Por último, se establecen los miembros del equipo y los roles que tendrán a lo largo del proyecto (Montgomery, 2013, p. 52). Esto se detalla en el Anexo 1.

Matriz VOC

Para comprender las necesidades del cliente, se elaboró una matriz Voz del Cliente que identificó los siguientes puntos clave: la alta cantidad de plantas requiere optimizar el personal para mantener la producción eficiente sin comprometer el rendimiento de corte, ajustado al tipo de rosa. Además, el cliente exige que el botón de rosa tenga una apertura precisa, ni muy abierto ni muy cerrado, y que los tallos, tanto en standard como en spray, tengan una longitud mínima de 48 cm (Denmar S.A., 2024) . Para controlar estos aspectos, es esencial medir la tasa de corte por trabajador y asegurar el cumplimiento de la apertura y altura requeridas, como se detalla en el Anexo 2.

Preguntas de Investigación

En este contexto hemos realizado las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿El nivel de experiencia del trabajador influye en la tasa de corte?
2. ¿El tipo de producto influye en la tasa de corte de los trabajadores?
3. ¿Existen diferencias significativas en la tasa de corte entre trabajadores de distintas fincas que trabajan con el mismo producto?

4. ¿La redistribución de personal impactará de manera significativa la capacidad del proceso?
5. ¿La introducción de herramientas Lean Six Sigma afectaría positivamente la tasa de corte de los trabajadores?

Flujograma

El flujograma detalla dos procesos principales, cultivo y el desyeme. El proceso comienza con las rosas listas donde primero se cortan en base al punto de corte adecuado, y se evalúan para descartar aquellas con enfermedades. Luego, se separan en base a la altura (mayores o menores a 48 cm). Las rosas aptas se agrupan en mallas de 25 a 30 tallos, dependiendo de la variedad, y se enmallan. Finalmente, las mallas son hidratadas y transportadas a los centros de acopio y, posteriormente, a la etapa de post-cosecha.

En el segundo proceso, las rosas pasan por el desyeme, que incluye varias actividades complementarias para mantener las camas en condiciones óptimas. Estas tareas comprenden la limpieza de las camas, escarificación del suelo, retiro de tallos secos o delgados, riego con manguera y la eliminación de las mallas de botón de rosa (Denmar S.A., 2024). Al finalizar estas actividades, las rosas desyemadas están listas. Este flujograma se detalla en el Anexo 3.

Medir

Plan de Medición

Para el plan de medición, se seleccionó como población objetivo a todos los trabajadores de las nueve fincas de Denmar S.A. Se decidió emplear tres tipos de muestreo, de acuerdo con el tipo de producto cultivado en cada finca: rosa estándar y spray, rosa estándar, y rosa spray.

Para las fincas que producen tanto rosa estándar como spray, así como las que únicamente producen rosa estándar, se utilizó un muestreo aleatorio estratificado. Los estratos

corresponden a las fincas, y la variable de estratificación son las variedades de rosas por producto y por bloque en cada finca. En el caso de la rosa spray, dado que solo una finca tiene un bloque dedicado exclusivamente a este tipo de rosa, se tomó en cuenta a todos los trabajadores de dicho bloque como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1

Clasificación de estratos por producto.

Standard/Spray	Standard	Spray
Finca 7: 2 o más variedades de Standard y 1 de Spray por bloque	Finca 9: 3 o más variedades por bloque	Finca 6: Única finca que tiene bloques solo de spray
Finca 2: 2 o más variedades de Standard y 2 o más de Spray por bloque	Finca 8: 1 o 2 variedades por bloque	

Una vez definidos los estratos y el tamaño de la población objetivo, se calculó el tamaño de la muestra para cada producto utilizando una desviación estándar poblacional de 0.5, un nivel de significancia del 5% y un error estándar también del 5%. Se utilizó una estimación de 0.5 para la desviación estándar, debido a la falta de conocimiento del valor verdadero de la misma.

Además, se optó por un nivel de significancia del 5% para minimizar la probabilidad de cometer un error de tipo I, es decir, rechazar la hipótesis nula cuando no hay suficiente evidencia para hacerlo (Minitab, 2024). De esta forma, se empleó la siguiente fórmula para poblaciones finitas:

$$n = \frac{(N * \sigma^2 * Z^2)}{(N - 1) * e^2 + \sigma^2 * Z^2} \quad (1)$$

Donde:

- n es el tamaño de la muestra
- N es el tamaño de la población

- σ es la desviación estándar poblacional (en este caso, 0.5)
- Z es el valor crítico de la distribución normal (1.96 en este caso)
- e es el margen de error permitido (5% en este caso)

Así, se obtuvo el tamaño de muestra para cada producto y la cantidad de trabajadores a muestrear en cada finca, como se detalla en el Anexo 4. El muestreo se realizó entre las semanas 37 y 39 del presente año, contabilizando durante un periodo de 3 horas la cantidad de tallos recolectados por cada trabajador durante 3 días, con el fin de calcular la tasa de corte.

Cartas de Control

Una vez recolectada la muestra, se procedió a evaluar la estabilidad del proceso mediante cartas de control. Se utilizaron cartas I-MR para “monitorear la media y la variación del proceso cuando se tienen datos continuos que son observaciones individuales y no están agrupados en subgrupos” (Minitab, 2024). En este caso, las observaciones individuales correspondían a las tasas de corte de cada trabajador.

Los requisitos para usar las cartas de control I-MR son que los datos tengan una distribución aproximadamente normal, que se cuente con al menos 100 datos, y que no exista correlación entre ellos (Minitab, 2024). En este estudio, estos supuestos se cumplieron, como se muestra en el Anexo 5.

En cada carta de control, primero se analizó la carta MR en busca de puntos fuera de control. Si la carta MR mostraba estabilidad, se procedía con la carta I. En las fincas 2, 7 y 8 se incumplió la Prueba 1 en la primera iteración, es decir, se encontraron puntos fuera de los límites de control calculados. Se identificó que estas causas asignables se debían a una alta o baja eficiencia de ciertos trabajadores, por lo que sus observaciones fueron removidas de las cartas. En la segunda iteración, se determinó que el proceso era estable en todas las cartas de control.

Los procesos en las fincas 9 y 6 resultaron estables desde la primera iteración. Esto se encuentra en el Anexo 6.

Capacidad del Proceso

Una vez analizada la estabilidad del proceso, se midió su capacidad para determinar si cumplía con las especificaciones del cliente. Dado que no existía un límite inferior de especificación para la tasa de corte, este se calculó dividiendo la demanda de cada producto por el número de trabajadores asignados a dicho producto. Este cálculo es confidencial, ya que Denmar S.A. no permite divulgar la demanda de sus productos.

Para realizar el análisis de capacidad, además de la estabilidad del proceso y de contar con al menos 100 datos, es necesario que estos sigan una distribución normal. Por lo tanto, se realizó una prueba de bondad del ajuste de la distribución y se determinó que en los datos de las fincas 2, 7, 8 y 9 era necesaria una transformación de Johnson para normalizar los datos ver Anexo 7.

Tras transformar los datos y cumplir con los supuestos de capacidad, se llevó a cabo el análisis de capacidad para cada finca, como se indica en el Anexo 8, y los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2

Índice Ppk para evaluar la capacidad del proceso en cada finca.

Producto	Finca	Ppk	Interpretación
Rosa Standard/Spray	2	1.04	Parcialmente adecuado
Rosa Standard/Spray	7	0.64	Inadecuado
Rosa Standard	8	0.58	Inadecuado
Rosa Standard	9	0.63	Inadecuado

Spray

6

0.43

Inadecuado

Como se puede observar en la tabla 2, el único proceso medianamente capaz, según Montgomery (2013), es el de la finca 2, ya que su Ppk, el cual evalúa la capacidad general del proceso en relación con el límite de especificación inferior, se encuentra entre 1 y 1.25. Para las demás fincas, el proceso no es capaz, lo que indica que se deben tomar acciones correctivas de manera inmediata

Analizar

Diagrama de Caja

Se elaboró un diagrama de caja para la distribución de datos de cada una de las fincas muestreadas, como se muestra en el Anexo 9, con el objetivo de evaluar la tendencia central y detectar valores atípicos. El diagrama revela una gran cantidad de valores atípicos en las Fincas 2, 7, 8 y 9. Estos valores corresponden a trabajadores con un rendimiento notablemente bajo.

Tras conversar con los supervisores, se identificó que la causa principal de este bajo rendimiento es la falta de experiencia en el corte de rosas. Este hallazgo responde a la primera pregunta de investigación, confirmando que la experiencia de los trabajadores tiene un impacto significativo en su tasa de corte.

ANOVA

Se realizó un ANOVA de un solo factor para determinar si las medias de la tasa de corte de cada finca son significativamente diferentes. Este análisis permite evaluar si, además de la experiencia del trabajador, el rendimiento también está influido por el tipo de producto manejado en cada finca y la cantidad de variedades cultivadas. Para aplicar esta herramienta, se verificó que se cumplieran los supuestos de normalidad, significancia e independencia, según los criterios establecidos por Minitab, 2024.

Dado que, como se observó en el análisis del diagrama de caja, existía una gran cantidad de valores atípicos, se realizaron varias iteraciones para eliminar dichos datos hasta que el software confirmara la ausencia de valores inusuales (Anexo 10).

Una vez validados los supuestos, se plantearon las siguientes hipótesis:

1. H_0 (Hipótesis nula): No hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las tasas de corte de las fincas.
2. H_a (Hipótesis alternativa): Existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las tasas de corte de al menos algunas fincas.

Los resultados del ANOVA, presentados en el Anexo 11, indican que, salvo en el caso de la Finca 6 y la Finca 2, donde no se encontraron diferencias significativas, las fincas son estadísticamente diferentes entre sí. Este hallazgo responde afirmativamente a las preguntas de investigación 2 y 3, confirmando que el tipo de producto influye en la tasa de corte de los trabajadores y que existen diferencias significativas en la tasa de corte entre trabajadores de distintas fincas que manejan el mismo producto.

Ishikawa

Tras identificar diferencias en el rendimiento de corte entre trabajadores, se utilizó un diagrama de Ishikawa, siguiendo a Montgomery (2013), quien plantea que, al identificar un problema, es clave analizar sus causas. Esto permitió priorizar la mejora del rendimiento global antes de redistribuir personal sin comprometer la demanda. Las causas del bajo rendimiento incluyen: falta de precisión en el punto y altura de corte, manejo de yemas durante el enmallado, tachos de hidratación llenos que generan esperas, escasez de mesas de enmallado, tijeras en mal estado que dificultan el corte, condiciones climáticas adversas y falta de registros precisos sobre la tasa de corte. El Ishikawa completo se puede observar en el Anexo 12.

AMEF

Adicionalmente se procedió a realizar un Análisis Modal de Efectos y Fallos (AMEF), el cual es un enfoque estructurado para identificar y evaluar los posibles fallos en un proceso o producto, priorizándolos según su impacto e implementando acciones para mitigar o eliminar los más críticos (Montgomery, 2013). Las Actividades fueron sacadas del Flujograma, los Modos de Fallo del Ishikawa y se utilizaron criterios establecidos por la empresa para Severidad, Ocurrencia y Detección. Estos criterios se pueden observar en el Anexo 13 y el AMEF en el Anexo 14. Como resultado se obtuvo que todos los modos de fallo tenían un Número de Prioridad de Riesgo (NPR) superior a 75 por lo que para todos se establecieron soluciones propuestas. Con estas la Ocurrencia y Detección bajaron considerablemente lo que llevó a que el NPR final sea menor a 75 para cada modo de fallo.

TOC

Asimismo, se realizó una teoría de restricciones (TOC) en base al problema de las pocas mesas disponibles para realizar el enmallado como se muestra en el Anexo 15. Esta herramienta se centra en identificar los cuellos de botella en un proceso y optimizarlos, eliminando barreras significativas para mejorar el flujo y la eficiencia del sistema en su conjunto (Montgomery, 2013). Es importante mencionar que la empresa estableció que la solución obvia de aumentar la cantidad de mesas no es posible por dos razones. Primero porque el espacio de los invernaderos ya está distribuido de una manera y segundo debido al gran costo que esto generaría tomando en cuenta que son 9 fincas que tienen rosa standard y spray y cada una tiene más de 70 invernaderos. Esto es un costo demasiado alto que no pueden generar en este momento. Como resultado se obtuvo que, para poder sobre pasar la restricción, los cosechadores deben realizar

tareas útiles como la revisión de enfermedades, longitud del tallo y tener listos los 25 o 30 tallos dependiendo de la variedad para que el tiempo de enmallado sea menor.

Implementar

Para abordar los distintos problemas que se pudo observar en el AMEF, se utilizaron diferentes herramientas que serán explicadas a detalle a continuación.

5S

Para poder resolver el problema relacionado a que los cosechadores no conocen bien el punto de corte se llevó a cabo una evaluación completa de las 5S. La cual es una herramienta que promueve la organización, limpieza, estandarización y mantenimiento del entorno de trabajo, eliminando actividades que no agregan valor y mejorando la eficiencia del proceso (Montgomery, 2013). En la fase de estandarización, se diseñaron letreros para que todos los cosechadores puedan identificar el punto de corte para cada variedad de rosa. Esta implementación se realizó solamente para la rosa standard, ya que, la rosa spray cuenta con un punto de corte general, que es tres cabezas de flor abiertas (Denmar S.A., 2024). Gracias a esta estandarización, todos los trabajadores siguen el mismo criterio, lo que evita errores y mejora la productividad

En total se hicieron 195 letreros, los cuales incluyen el nombre de la variedad, una fotografía del punto de corte en días normales y otra del punto corte para los días sábado. La diferencia entre estos puntos de corte es que como los domingos no se corta, el punto de corte del sábado debe ser más cerrado.

De manera similar, para solucionar el problema de que los carritos de corte se dejan entre las camas de distintos bloques, se llevó a cabo una evaluación basada en las 5S. En la fase de estandarización, se determinó que los supervisores deben asegurarse de que los cosechadores

dejen sus carritos de corte en la entrada del bloque que se cortará al día siguiente. Esto garantiza que los cosechadores no pierdan tiempo durante la primera hora de trabajo trasladando sus carritos de otros bloques.

Plan de Mantenimiento

Para abordar el problema de que las tijeras no cortan bien, se realizó un plan de mantenimiento:

1. **Objetivo:** Garantizar el correcto funcionamiento y prolongar la vida útil de las herramientas de corte utilizadas en el cultivo de rosas.
2. **Alcance:** Aplica para las herramientas de cultivo.
3. **Definiciones:**
 - a. **Mantenimiento Correctivo:** Se enfoca en solucionar una falla que ocurre en un momento específico y restablecer el funcionamiento del equipo lo más rápido posible y al menor costo. Sin embargo, si en la práctica solo se tiene este tipo de modelo de mantenimiento, es más probable que los procesos sufran mayores tiempos de parada, interrupciones en la producción y aumento de los costos (Eurofins, 2020).
 - b. **Mantenimiento Preventivo:** Se realiza de manera planificada, anticipándose al desgaste desigual de las piezas para evitar problemas futuros mediante inspecciones y lubricaciones periódicas. Es decir, consiste en programar operaciones periódicas sin importar en qué estado se encuentra actualmente la máquina o activo con el fin de evitar incurrir en gastos de reparación de activos y reducir tiempos muertos (Eurofins, 2020).

4. **Procedimientos:** El mantenimiento de las tijeras incluye una inspección visual para verificar su estado general, seguida de una revisión mecánica enfocada en las piezas móviles y su lubricación. Además, se realiza la sustitución de piezas desgastadas o defectuosas y el afilado de cuchillas para garantizar cortes precisos. Por último, se lleva a cabo una limpieza exhaustiva para eliminar residuos y mantener las herramientas en óptimas condiciones.
5. **Cronograma de actividades:** Incluye un plan anual donde se especifican las tareas de mantenimiento programadas y ejecutadas en distintas fincas, asignando responsables específicos. Esto permite llevar un control sobre las actividades realizadas semanalmente.
6. **Registro de Mantenimiento:** Incluye encabezados para identificar al responsable de las acciones, la finca donde se realizó, y la fecha de ejecución. Además, se debe detallar el código de la tijera revisada y las acciones realizadas, diferenciando entre correctivas y preventivas.

Capacitaciones

El primer problema abordado mediante una capacitación fue la falta de contabilización de los tallos cortados por parte de cada cosechador. Los supervisores dieron esta capacitación a su personal para destacar lo importante que es llevar un conteo preciso de los tallos cortados. Esto permite que los trabajadores no tengan que regresar a buscar más tallos mientras están en el proceso de enmallado, optimizando así el tiempo de trabajo.

El segundo problema tratado fue la presencia de yemas que según Denmar S.A. (2024), son pedazos que no forman parte del tallo principal, en los tallos durante el enmallado. Este inconveniente genera retrasos, ya que los trabajadores deben retirar las yemas antes de proceder

con el enmallado. La capacitación se enfocó en concientizar al personal sobre este aspecto para así reducir este tipo de contratiempos y mejorar la eficiencia del proceso.

Kaizen

Para resolver el problema de la inactividad de los cosechadores mientras esperaban para enmallar, se implementó un enfoque Kaizen, basado en promover cambios en la actitud de las personas para lograr pequeños pero continuos mejoramientos que lleven al sistema al éxito (Hernández & Vizán, 2013). El proceso incluyó varias etapas: primero, se identificó el problema, observando que los trabajadores enfrentaban tiempos de inactividad que reducían la eficiencia del proceso; luego, se propusieron mejoras como asignar tareas productivas durante los tiempos de espera, incluyendo la revisión de calidad de los tallos, la evaluación de su longitud o la preparación de los 25 o 30 tallos para enmallar. Posteriormente, los supervisores capacitaron al personal para resaltar la importancia de estas tareas y su impacto en la reducción de tiempos muertos, mejorando así el flujo de trabajo. Tras la implementación, se monitoreó cuidadosamente su efecto en la eficiencia del proceso, y, finalmente, tras evaluar los resultados, se concluyó que no era necesario seguir optimizando el uso del tiempo de espera.

Sistema de Control de Tiempos

Para abordar el problema del espacio insuficiente en los tachos de hidratación, la empresa evaluó inicialmente si era necesario adquirir más tachos en función de la producción. Sin embargo, al determinar que no era necesario, se procedió a analizar otras posibles causas del problema. Se identificó que no existía un control adecuado sobre los tractoristas encargados de llevar las mallas a los centros de acopio que son cuartos refrigerados diseñados para evitar que la flor se abra antes de tiempo (Denmar S.A., 2024).

Se propuso asignar a una persona para registrar el ingreso de los tractoristas a los centros de acopio, pero esta solución resultaba costosa. Por ello, la empresa decidió optimizar el proceso. El departamento de sistemas implementó un registro digital en el sistema de ingreso y salida del personal. Este sistema requiere que los tractoristas timbren con su carnet de trabajo al ingresar al centro de acopio, dejen las mallas y timbren nuevamente al salir.

Con esta información, se generó un cuadro que incluye el total de viajes realizados, el tiempo total en el centro de acopio y el tiempo promedio por viaje para cada tractorista. Esto permitió evaluar con precisión el tiempo que cada trabajador dedicaba a estas tareas y tomar medidas para evitar retrasos en el retiro de las mallas. Así, se garantizó que los tachos tuvieran espacio disponible para los trabajadores que finalizan el enmallado.

Poka Yoke

Para resolver el problema de que los cosechadores no saben a qué altura cortar el tallo, se propuso implementar un *Poka Yoke* mediante el uso de una herramienta que minimizara el error humano. *Poka Yoke* es una técnica que significa “a prueba de errores” y su idea principal es crear un proceso donde los errores sean imposibles o se detecten y corrijan inmediatamente (Anaya, 2022). Se identificó una herramienta capaz de medir el grosor del tallo para determinar con a que altura cortar el tallo. Sin embargo, debido a que se requerían 412 de estas herramientas, no se logró obtenerlas a tiempo, y la solución no pudo implementarse.

A pesar de esto, se explicó a la empresa que la herramienta sería altamente efectiva, ya que ayuda a prevenir errores y proporciona un mayor control sobre la altura del corte del tallo. Además, se explicó que su diseño es sencillo y no requiere experiencia técnica, lo que permite que cualquier persona pueda utilizarla sin dificultad.

Formato de Medición de la Tasa de Corte

Uno de los objetivos del proyecto fue abordar el problema de la falta de registros sobre la tasa de corte. Para ello, se diseñó un formato que incluye un registro del nombre del supervisor, la finca, la fecha, los nombres de los trabajadores, la hora de inicio y finalización del corte, el número de tallos cortados y cualquier observación relacionada con el rendimiento del personal. Aunque esta solución no se implementó, se mostró a la empresa su importancia para optimizar el control y seguimiento de las actividades laborales.

Redistribución del Personal

Para determinar la redistribución del personal, se consideró la capacidad de producción de cada finca, definida por la cantidad de tallos cortados por hora. Esta capacidad se calculó multiplicando el número de cosechadores actuales por el promedio de tallos/hora para cada finca.

La fórmula empleada asigna una proporción del total de trabajadores a ser redistribuidos (81 personas) en función de la contribución relativa de cada finca a la producción total.

Específicamente, se ajustó el número de cosechadores en cada finca mediante los siguientes pasos:

1. Cálculo de la participación relativa: Se comparó la capacidad de cada finca con la capacidad combinada de las fincas seleccionadas, determinando así qué proporción de los 81 trabajadores debía eliminarse en cada una.
2. Redistribución proporcional: La suma total de trabajadores en las fincas seleccionadas se redujo en función de la proporción calculada, distribuyendo la reducción de manera equitativa según la capacidad de producción.
3. Redondeo: Se utilizó redondeo para garantizar que el número resultante de trabajadores fuera un valor entero.

Este enfoque garantiza que la capacidad de satisfacer la demanda no se vea comprometida al eliminar trabajadores, optimizando así la eficiencia operativa en función de la capacidad real de cada finca.

$$N_i = \frac{C_i}{\sum_{j \in S} C_j} \cdot \left(\sum_{j \in S} N_j - \frac{\sum_{j \in S} N_j}{\sum_k N_k} \cdot T \right) \quad (2)$$

Donde:

- N_i : Número de cosechadores finales en la finca i .
- C_i : Capacidad de producción de la finca i (tallos/hora).
- S : Conjunto de fincas seleccionadas para la redistribución (por ejemplo, Finca 1, 2, 7, 8).
- $\sum_{j \in S} C_j$: Suma de la capacidad de producción de todas las fincas en el conjunto S .
- $\sum_{j \in S} N_j$: Suma del número actual de cosechadores en todas las fincas del conjunto S .
- $\sum_k N_k$: Suma total de cosechadores en todas las fincas.
- T : Total de trabajadores a eliminar (en este caso, $T=81$).

El nuevo límite inferior de especificación se determinó en función del número de cosechadores tras la redistribución y la proyección de la demanda, siguiendo el cálculo previo realizado para evaluar la capacidad actual del proceso como se indica en la tabla 3.

Tabla 3

Cosechadores post redistribución en cada finca.

Finca	Producto	Cosechadores Futuros	Porcentaje Redistribuido	LIE Futuro
Finca 1	Standard/Spray	77	7%	190
Finca 2	Standard/Spray	137	7%	190
Finca 6	Standard/Spray	168	12%	190
Finca 7	Standard/Spray	76	12%	190
Finca 3	Standard	42	11%	180
Finca 4	Standard	10	9%	180
Finca 5	Standard	37	10%	180
Finca 8	Standard	91	11%	180
Finca 9	Standard	103	9%	180

Una vez definida la cantidad de trabajadores a redistribuir, se procedió a determinar las áreas específicas y las fincas a las que serían trasladados. Para ello, se realizó una consulta con el área de Recursos Humanos, identificando que las áreas con mayor rotación de personal son: post-cosecha, mantenimiento y fumigación.

La distribución del personal en estas áreas se estableció en función del presupuesto asignado a cada una, según lo determinado por el departamento de Finanzas, lo cual se evidencia en la tabla 4. Esta estrategia aseguró una redistribución eficiente que optimiza los recursos

disponibles y responde a las necesidades operativas de las áreas críticas. Es importante mencionar que la redistribución fue realizada por personal de Denmar S.A.

Tabla 4

Cosechadores redistribuidos para la fase Controlar.

Finca	Cosechadores Redistribuidos	Nueva Área de Trabajo	Nueva Finca
Finca 2	11	Post-cosecha	Finca 1
Finca 7	10	Mantenimiento	Finca 7 (3), Finca 3 (3) y Finca 1 (4)
Finca 8	11	Post-cosecha	Finca 1
Finca 9	10	Fumigación	Finca 7 (4), Finca 2 (3), Finca 8 (3)

Controlar

Estabilidad y Capacidad del Proceso

Se recalculó el tamaño de muestra del proceso tras la redistribución del personal, utilizando datos de las Fincas 2, 7, 8 y 9 (Anexo 16). La Finca 6 fue excluida del análisis, ya que el ANOVA demostró que es estadísticamente equivalente a la Finca 2. Con el nuevo tamaño de muestra definido, se evaluó la estabilidad del proceso mediante cartas I-MR (Anexo 17). En todas las fincas, el proceso alcanzó un estado de control estadístico después de una o dos iteraciones, tras identificar y corregir causas asignables.

Una vez estabilizado el proceso, se realizó un nuevo análisis de capacidad (Anexo 18) considerando el límite inferior de especificación actualizado, necesario para satisfacer la demanda con menos personal. Los resultados se observan en la tabla 5:

Tabla 5

Capacidad del proceso antes y después de la redistribución.

Finca	LIE (Antes)	Ppk (Antes)	Interpretación (Antes)	LIE (Después)	Ppk (Después)	Interpretación (Después)
2	170	1.04	Parcialmente adecuado	190	1.00	Parcialmente adecuado
7	170	0.64	Inadecuado	190	1.21	Parcialmente adecuado
8	160	0.58	Inadecuado	180	0.66	Inadecuado
9	160	0.63	Inadecuado	180	0.87	Inadecuado

El análisis muestra que la capacidad del proceso aumentó ligeramente en las Fincas 8 y 9, se mantuvo casi constante en la Finca 2 y experimentó un aumento significativo en la Finca 7, donde el índice Ppk alcanzó 1.21, lo que indica que el proceso es parcialmente capaz. Estos resultados responden afirmativamente a la cuarta pregunta de investigación sobre si la redistribución de personal impactará significativamente la capacidad del proceso. La redistribución fue exitosa, no solo logrando mantener la capacidad para satisfacer la demanda, sino mejorando incluso la eficiencia general del proceso.

Tasa de Corte Actual

Para evaluar si la tasa de corte aumentó de manera significativa tras la redistribución del personal, se realizó una prueba t de dos muestras independientes (Anexo 18). La primera muestra correspondió a los datos obtenidos antes de implementar las mejoras, y la segunda, a los datos

posteriores a la redistribución y aplicación de las mejoras. Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

Ho (hipótesis nula): Las medias de ambas muestras son estadísticamente iguales.

Ha (hipótesis alternativa): La media de la muestra tras la implementación de las mejoras es significativamente mayor que la de la muestra sin mejoras.

Tabla 6

Tasa de corte antes y después de la redistribución.

Finca	Producto	Tallos/Hora (Antes)	Tallos/Hora (Después)	¿Diferencia Significativa?
Finca 2	Standard/Spray	226	232	Si
Finca 7	Standard/Spray	215	233	Si
Finca 8	Standard	194	210	Si
Finca 9	Standard	198	219	Si

Los resultados indicados en la tabla 6 resaltan que, para todas las fincas muestreadas, las diferencias entre las medias fueron estadísticamente significativas. Esto confirma que la introducción de herramientas Lean Six Sigma influyó positivamente en la tasa de corte de los trabajadores, incrementando de manera significativa este indicador clave. Por tanto, se responde de manera afirmativa a la pregunta de investigación sobre el impacto de estas herramientas en el rendimiento del proceso.

Análisis Costo Beneficio

Se llevó a cabo un análisis de costo-beneficio considerando todas las soluciones propuestas, cuyo detalle se encuentra en el Anexo 20. Este análisis reveló que, siguiendo los requerimientos de la empresa, las soluciones implementadas no generan costos significativos. De hecho, la única solución con un costo asociado es la elaboración de los letreros para el punto de

corte, con un gasto total de \$34.19. Para las demás propuestas, no se identificaron costos directos, aunque todas ofrecen importantes beneficios enfocados en mejorar la eficiencia, incrementar la productividad y lograr un mayor control de los procesos operativos de la florícola.

Sistema de Evaluación de Proyecciones Futuras con Rendimientos Base

Por requerimiento de la empresa y como parte de nuestros objetivos, se desarrolló un sistema que utiliza las proyecciones futuras junto con los rendimientos base obtenidos de la fase de Controlar. Este sistema determina la cantidad de personal necesaria por mes, finca y producto, basándose en el volumen proyectado de tallos a cortar y los rendimientos base. Dado que las proyecciones de tallos a cortar varían mensualmente, el número de trabajadores requerido también cambia. Durante períodos normales, la variación en el número de personal es mínima; sin embargo, en épocas festivas como San Valentín o el Día de la Madre, la demanda de personal aumenta significativamente.

Limitaciones

Todas las implementaciones realizadas durante el proyecto estuvieron condicionadas a ser de bajo costo, debido a un requerimiento específico de la empresa. Esto se debe a que las mejoras propuestas no solo debían aplicarse en una sola finca, sino en varias, lo que incrementaría significativamente los costos si las soluciones fueran más complejas o costosas. Esto limitó la posibilidad de desarrollar ideas más avanzadas o con mayor alcance, priorizando soluciones económicas y fáciles de replicar.

Adicionalmente, el tamaño considerable de la población representó un desafío para la implementación de la herramienta para medir el grosor del tallo, diseñada para evitar errores humanos al cortar la altura del tallo. Esta no pudo completarse dentro del plazo establecido debido al tiempo necesario para fabricar y distribuir las 412 herramientas requeridas en las

fincas. A pesar de esta limitación, se destacó el potencial de la herramienta como una solución efectiva para futuros procesos de mejora.

Conclusiones

Se logró el objetivo de redistribuir a 42 personas del área de cultivo, cumpliendo con el presupuesto establecido sin comprometer la capacidad de satisfacer la demanda. Esta redistribución no solo redujo el personal de manera eficiente, sino que también mejoró significativamente la tasa de tallos cortados, aumentando la capacidad del proceso.

El rendimiento de los trabajadores demostró estar influido no solo por su experiencia, sino también por factores como el tipo de producto y la cantidad de variedades cultivadas. Por ello, gran parte del éxito en la redistribución se debió a la identificación de los trabajadores con menor rendimiento y al análisis detallado de la capacidad de producción de cada finca según su tipo de producto y variedad.

Otro factor clave en el éxito de la redistribución fueron las mejoras implementadas para incrementar el rendimiento global de los cosechadores. Estas mejoras no solo permitieron alcanzar el nuevo límite inferior de especificación necesario para satisfacer la demanda, sino que además se caracterizaron por ser de bajo costo, rápidas de implementar y fáciles de aplicar en otras fincas.

Finalmente, el establecimiento de un estándar para la recolección de datos sobre la tasa de corte de los trabajadores, junto con el sistema de personal en base a la demanda, permitirá a la empresa tomar decisiones futuras más informadas sobre la necesidad de personal. Además, abre nuevas posibilidades para analizar el impacto de las mejoras implementadas y para identificar oportunidades adicionales de optimización en el proceso.

Recomendaciones

Actualmente, se logró redistribuir a 42 personas de las 81 identificadas como excedentes. Es fundamental finalizar este proceso para aprovechar de manera más eficiente los recursos humanos en las diferentes fincas. Esto implica analizar las necesidades de cada finca en detalle y garantizar que el personal sea ubicado donde pueda contribuir más efectivamente a las operaciones.

Analizar el presupuesto de cultivo de diversificados que son todos los productos que no son rosa standard o spray (Denmar S.A., 2024) para evaluar si existen excedentes y definir estrategias para optimizar la asignación de trabajadores.

Mejorar los rendimientos en el cultivo de productos diversificados mediante la metodología DMAIC para poder identificar las causas raíz de los problemas, establecer soluciones de bajo costo y controlar los resultados para garantizar la mejora continua.

En caso de que se decida implementar herramienta que mide el grosor de los tallos, es recomendable realizar un diseño de experimentos (DOE) para analizar su impacto en la tasa de tallos cortados. Esto permitirá determinar, si la herramienta contribuye significativamente a mejorar la eficiencia del corte.

Aunque ya se implementó un sistema para registrar los tiempos de los tractoristas desde los bloques hasta los centros de acopio, se recomienda extender el periodo de evaluación. Esto permitirá recopilar más datos y analizar con mayor precisión los patrones de tiempo empleados, identificando oportunidades para reducir demoras y mejorar la logística de transporte.

Referencias bibliográficas

- Aedo, C. (2023). *Propuesta de mejora en la gestión de asignación de personal y su impacto sobre los costos de una empresa que brinda servicios de limpieza - Arequipa 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Continental].
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/13912/11/IV_FIN_108_TE_Aedo_Peralta_2023.pdf
- Anaya, G. (2022). *Sistema Poka Yoke*.
https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/20269/poka-yoke-herramientas-clase-mundial.pdf?sequence=1&utm_source=chatgpt.com
- Apornak, A., Raissi, S., Keramati, A., & Khalili-Damghani, K. (2020). Human resources optimization in hospital emergency using the genetic algorithm approach. *International Journal of Healthcare Management*, 14(4), 1441–1448.
<https://doi.org/10.1080/20479700.2020.1763236>
- Ayala, A., & Castillo, R. (2016). *Modelo de Planificación y Control de Personal de Enfermería en el Corto Plazo en el Hospital León Becerra de la Ciudad de Guayaquil* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/36342/1/D-CD88366.pdf>
- Domínguez, M. (2023). *Aplicación de la metodología DMAIC en el área de cultivo de la florícola Fiesta Flowers para el mejoramiento de su productividad* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19037>
- Denmar S.A. (2024). [Datos Internos]. Tabacundo, Ecuador.
- Eurofins. (2020). *Mantenimiento preventivo y correctivo: ¿en qué se diferencian?*.
<https://www.eurofins-environment.es/es/mantenimiento-preventivo-y-correctivo/>
- Expoflores. (2021). *Reporte anual mercados de destino 2021*. <https://expoflores.com/wp-content/uploads/2022/06/Reporte-anual-de-mercados-202111.pdf>
- Expoflores. (2023). *Reporte estadístico anual 2023*. <https://expoflores.com/wp-content/uploads/2024/03/Anual-Expoflores-2023.pdf>
- Expoflores. (2023). *Reporte estadístico anual 2023. 2023 Reporte comparativo Colombia – Ecuador*. <https://expoflores.com/wp-content/uploads/2024/05/reporte-comparativo-2024.pdf>
- García, G. (2023). *Ingeniería de la Calidad - Capacidad del proceso*. Universidad San Francisco de Quito.
- Gao, B. (2024). Digital human resources optimization allocation model and algorithm of artificial intelligence technology. *Procedia Computer Science*, 243, 123-129.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.017>

- Haro, P., & Borsic, Z. (2019). Análisis prospectivo y comparativo de la exportación de las *Gypsophilas* frente a las Rosas. *Revista electrónica, ISSN: 1390-938x*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador.
- Hernández, M., & Vizán, I. (2013). *Lean manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación*. Fundación EOI.
- Matute, R. (2017). *Aplicación de la metodología Dmamc en el área de cultivo de la finca florícola rose connection rosecon Cia. Ltda. para el mejoramiento de la productividad* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte].
<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6148>
- Minitab. (2024). Revisión general de Transformación de Johnson.
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/how-to/johnson-transformation/before-you-start/overview/>
- Minitab. (2024). Revisión general de ANOVA de un solo factor. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/how-to/one-way-anova/before-you-start/overview/>
- Minitab. (2024). Revisión general de Gráfica I-MR. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/how-to/variables-charts-for-individuals/i-mr-chart/before-you-start/overview/>
- Minitab. (2024). Revisión general de Tamaño de la muestra para estimación.
<https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/statistics/power-and-sample-size/how-to/sample-size/sample-size-for-estimation/before-you-start/overview/>
- Minitab. (2024). Análisis de capacidad. <https://support.minitab.com/es-mx/engage/help-and-how-to/tools/forms/form-tools/statistical-analysis/capability-analysis/>
- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3), e14625.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Montgomery, Douglas C. (2013), *Introduction to statistical quality control* /, Hoboken, NJ: Wiley.
- Patil, A. B., & Inamdar, K. H. (2014). Process improvement using DMAIC approach: Case study in downtime reduction. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 3(3). <https://www.ijert.org/research/process-improvement-using-dmaic-approach-case-study-in-downtime-reduction-IJERTV3IS031609.pdf>

ANEXO 1: Project Charter

Project Charter

Redistribución del Exceso de personal en Denmar S.A.

Planteamiento del Problema

En la florícola Denmar S.A., se ha identificado un problema relacionado con el exceso de personal asignado al cultivo de rosas estándar y rosas spray durante una época considerada normal que no corresponde a días festivos como San Valentín o Día de la Madre. Según los datos proporcionados, actualmente se cuenta con 822 personas trabajando en estas labores, cuando el presupuesto inicial establecía una asignación de 741 personas para épocas normales. Este exceso de 81 personas en el cultivo de rosas estándar y rosas spray representa un costo adicional no previsto en el presupuesto, lo que impacta directamente en la rentabilidad y eficiencia operativa de la empresa. La situación sugiere la necesidad de revisar y mejorar los procesos asociados con la asignación de personal y la gestión del cultivo de estas flores, con el fin de optimizar los recursos humanos y evitar sobrecostos innecesarios que afecten la rentabilidad de la florícola.

Caso de Negocio y Beneficios

Este proyecto de redistribuir el exceso de personal (81 personas) para el cultivo de rosas estándar y rosas spray es fundamental, ya que permitiría lograr un ahorro significativo en costos laborales no previstos. Actualmente por tener estas 81 personas adicionales hay un costo aproximado de \$7,000 al año por persona tomando en cuenta transporte, comida, horas extras etc. Al optimizar la asignación de recursos humanos y evitar el sobrecosto generado por el exceso actual de personal, la florícola podría mejorar su rentabilidad y eficiencia operativa. La importancia radica en la oportunidad de maximizar la utilización de los recursos financieros destinados al cultivo de estas flores, asegurando que los costos se mantengan dentro de los límites presupuestados. No abordar este proyecto ahora podría resultar en un desvío continuo de los costos proyectados, impactando directamente en los resultados financieros de la empresa y limitando su capacidad para

Planteamiento de Objetivos

Redistribuir el exceso de personal (81 personas) asignado al cultivo de rosas estándar y rosas spray durante el periodo de la semana 37 a la semana 47 del 2024, lo que representaría un ahorro en los costos adicionales generados por el exceso actual de personas, optimizando así la asignación de recursos humanos y mejorando la rentabilidad y eficiencia operativa de la florícola.

Cronograma

Ease	Fecha de Finalización Prevista	Fecha Actual
Definir:	Semana 36	Semana 36
Medir:	Semana 40	Semana 39
Analizar:	Semana 41	Semana 41
Mejorar:	Semana 43	
Controlar:	Semana 47	

Alcance - Inicial/Final y Dentro/Fuera

<u>1er Paso del Proceso</u>	El primer paso del proceso es el corte de la rosa.
<u>Último Paso del Proceso</u>	El último paso del proceso es el envío a la postcosecha.
<u>Dentro del Alcance:</u>	Florícola Denmar S.A., proceso de corte, toma de datos de la cantidad de tallos realizados por cada persona de cultivo.
<u>Fuera del alcance:</u>	Otras florícolas que no sean Denmar S.A., contratación de nuevos empleados.

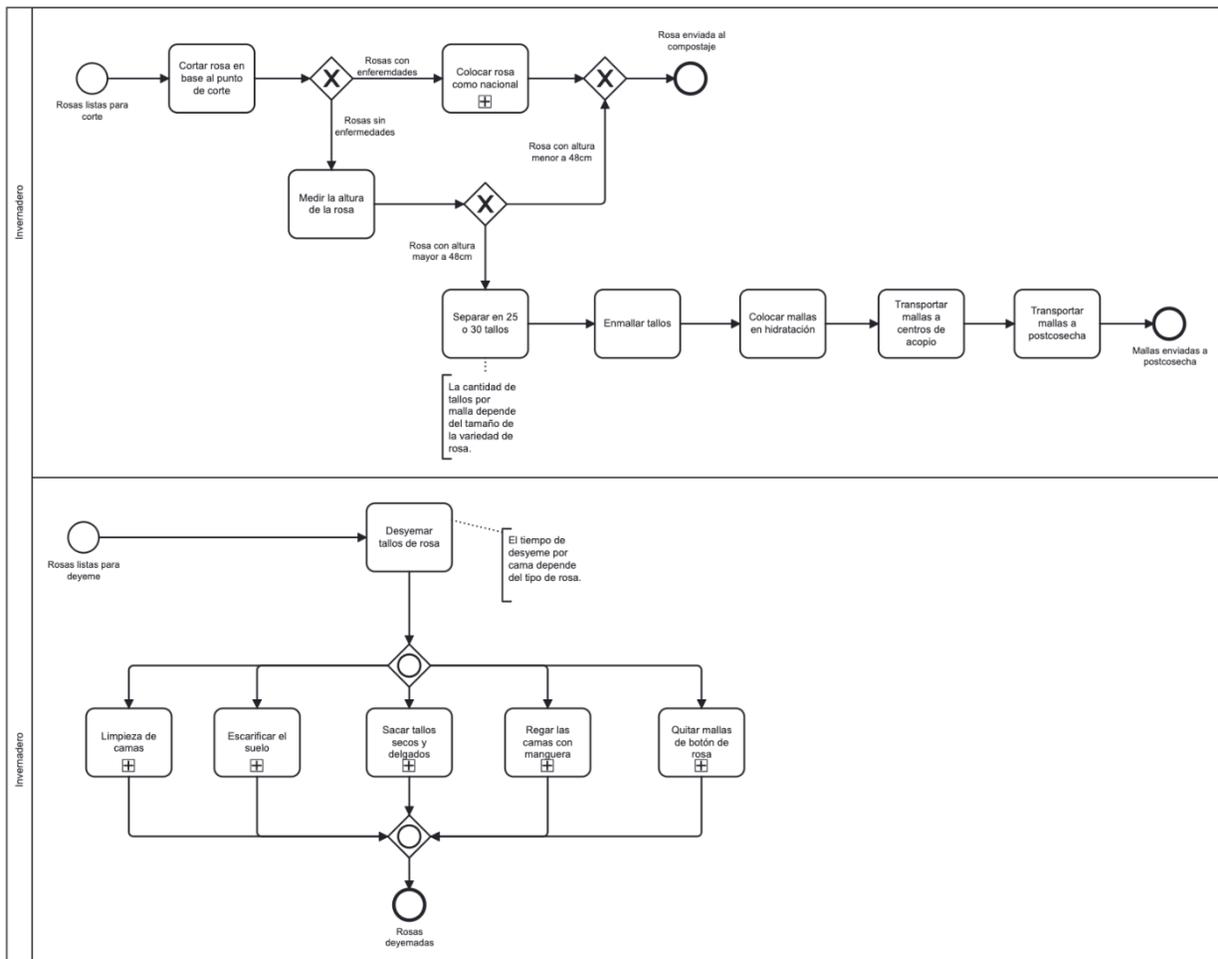
Miembros del Equipo

Posición	Persona	Título	% de Tiempo
Líder	Belén Bognini	Estudiante IIN	30%
Miembro Equipo	Sebastián Andrade	Estudiante IIN	30%
Miembro Equipo	Kevin Andrade	Estudiante IIN	30%
Black Belt	Sebastián Romoleroux	Ingeniero Agrónomo	6%
Patrocinador	Fausto Covago	Gerente Recursos Humanos	4%

ANEXO 2: Matriz VOC

Voz del Cliente (VOC)	Requerimientos Críticos del Cliente (CCR)	Crítico para la Calidad (CTQ)	Variable de Salida (Y)
Gran cantidad de plantas aumenta la necesidad de más personal.	Reducir la cantidad de personal sin afectar la capacidad de satisfacer la demanda.	Rendimiento de corte por persona, según el tipo de rosa.	El rendimiento de corte.
Las rosas con botones demasiado abiertos no cumplen las expectativas de los clientes.	Los botones deben tener el nivel de apertura adecuado para satisfacer a los clientes.	Grado de apertura de los botones de las rosas.	Cumplimiento en la apertura de los botones.
Las rosas con botones muy cerrados no son bien valoradas.	Es importante que los botones de las rosas tengan una apertura específica para cumplir con las expectativas del cliente.	Grado de apertura de los botones de las rosas.	Cumplimiento en la apertura de los botones.
Las rosas demasiado cortas no son satisfactorias para los clientes.	La longitud de las rosas debe cumplir con un estándar que garantice la satisfacción del cliente.	Longitud de las rosas.	Cumplimiento en la longitud de las rosas.

ANEXO 3: Flujograma



ANEXO 4: Tamaño de Muestra

Rosa Standard/Spray	
Población Objetivo	471
Tamaño de muestra	212

Finca	Población		Muestra Estratificada Desproporcional	
	Cosechadores	Proporción	Cosechadores	Proporción
Finca 2	148	63.25%	126	59.43%
Finca 7	86	36.75%	86	40.57%
Total	234	100.00%	212	100.00%

Rosa Standard	
Población Objetivo	331
Tamaño de muestra	179

Finca	Población		Muestra Estratificada Uniforme	
	Cosechadores	Proporción	Cosechadores	Proporción
Finca 8	102	47.44%	90	50.00%
Finca 9	113	52.56%	90	50.00%
Total	215	100.00%	180	100.00%

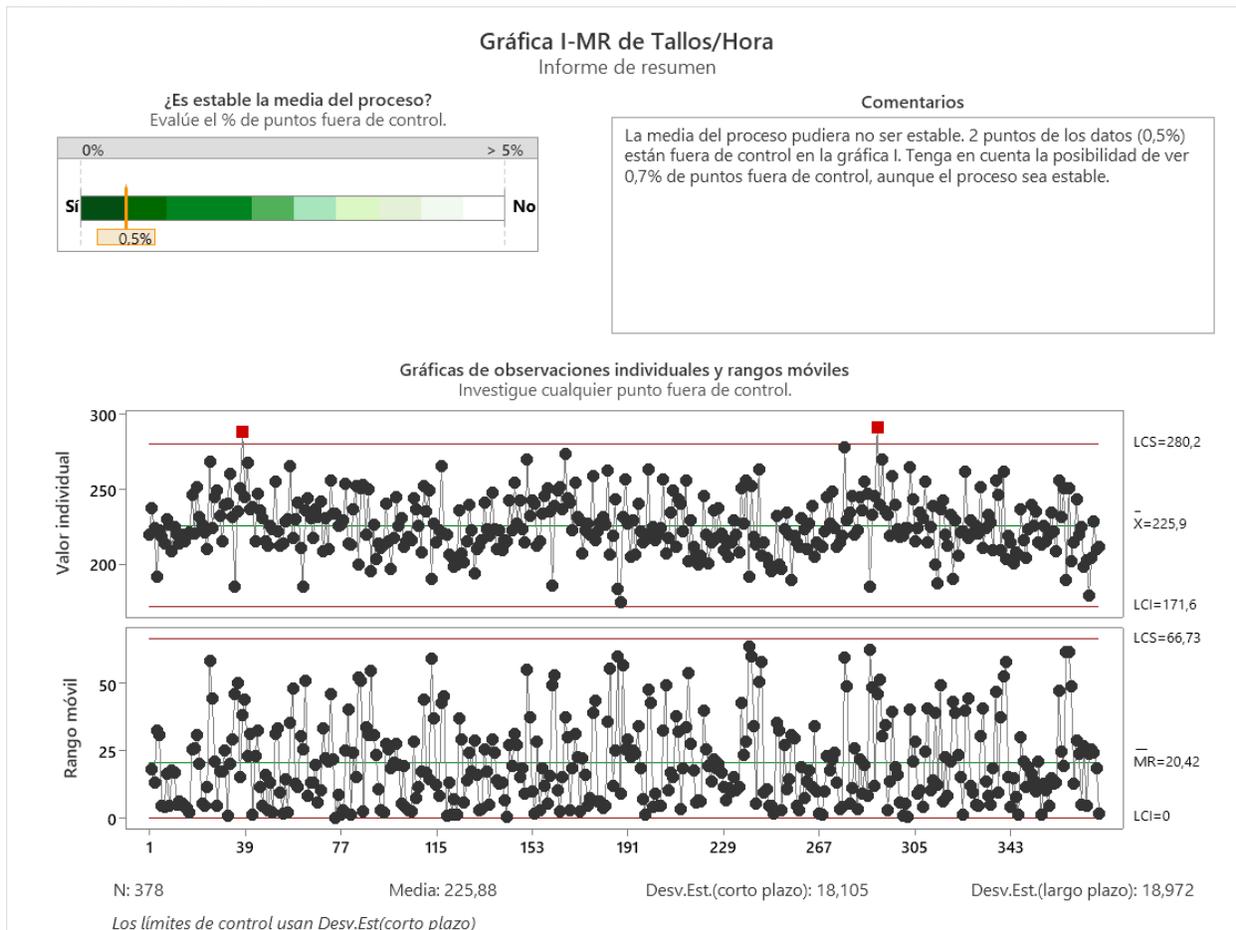
Spray	
Población Objetivo	20
Tamaño de muestra	20

ANEXO 5: Supuestos para Cartas de Control

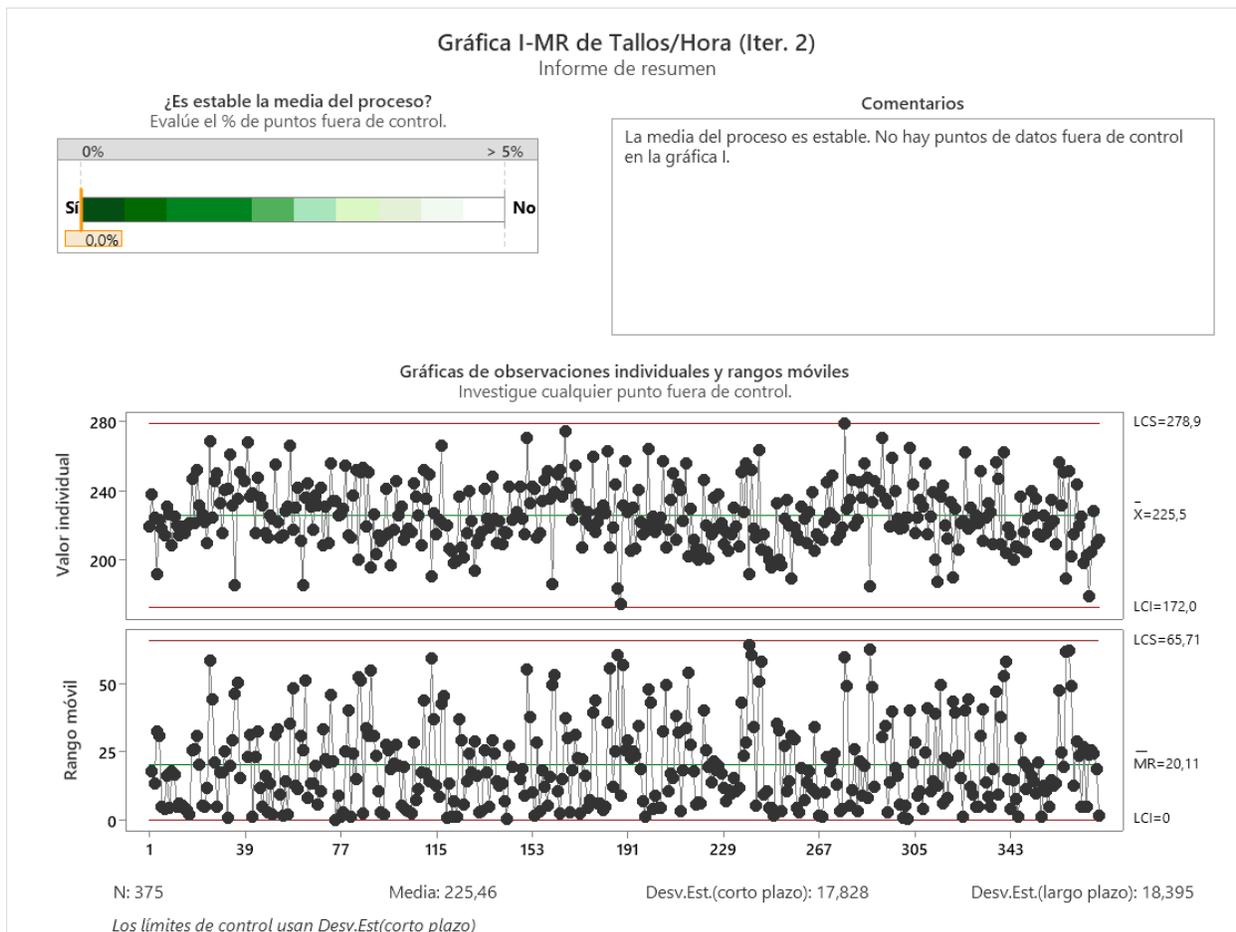
Gráfica I-MR de Tallos/Hora Tarjeta de informe		
Verificar	Estado	Descripción
Estabilidad		La variación del proceso es estable. No hay puntos fuera de control en la gráfica MR. Sin embargo, la media del proceso pudiera no ser estable. 2 puntos (0,5%) están fuera de control en la gráfica I (hay la posibilidad de que vea 0,7% de puntos fuera de control, aunque el proceso sea estable). Debe investigar los puntos fuera de control y omitir de los cálculos aquellos con causas especiales.
Normalidad		Si los datos son no normales, usted puede observar un número mayor de falsas alarmas. Dado que menos de 2% de los puntos están fuera de los límites de control en la gráfica I, la prueba de normalidad no es necesaria.
Cantidad de datos		Usted no necesita preocuparse por la precisión de sus límites de control, porque los cálculos incluyen 100 o más puntos de datos.
Datos correlacionados		Si los datos están correlacionados, usted puede observar un número mayor de falsas alarmas. Debido a que menos del 2% de los puntos están fuera de los límites de control en la gráfica I, no es necesario realizar la prueba de correlación.
Gráficas alternativas		Esta gráfica sirve para supervisar el control del proceso. Si su principal objetivo es explorar sus datos o comparar su proceso antes y después de un cambio, utilice las Gráficas de control disponibles en Análisis gráfico o las Gráficas de control de antes/después.

ANEXO 6: Cartas de Control

Finca 2 - Iteración 1



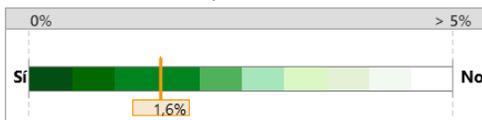
Finca 2 - Iteración 2



Finca 7 - Iteración 1

Gráfica I-MR de Tallos/Hora
Informe de resumen

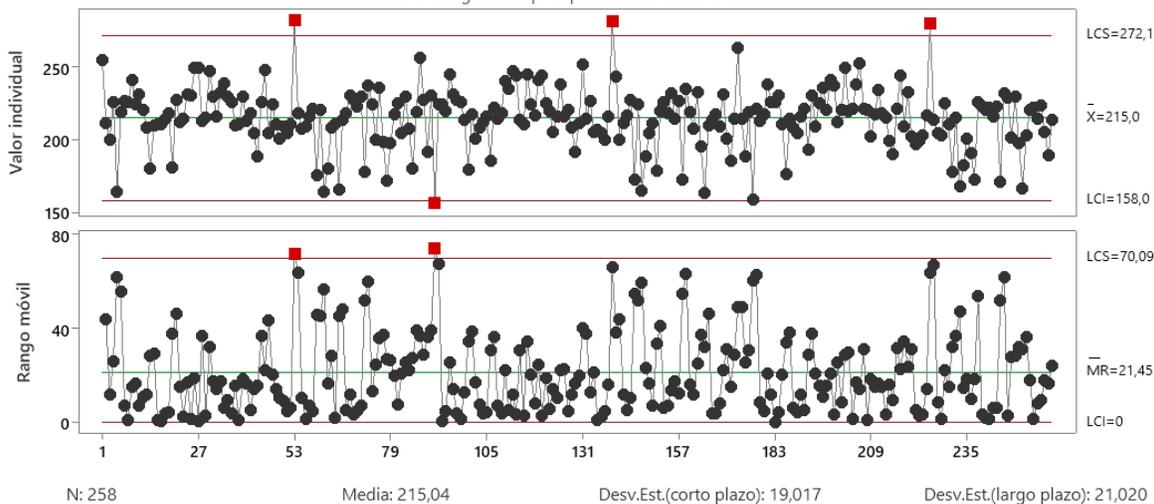
¿Es estable la media del proceso?
Evalúe el % de puntos fuera de control.



Comentarios

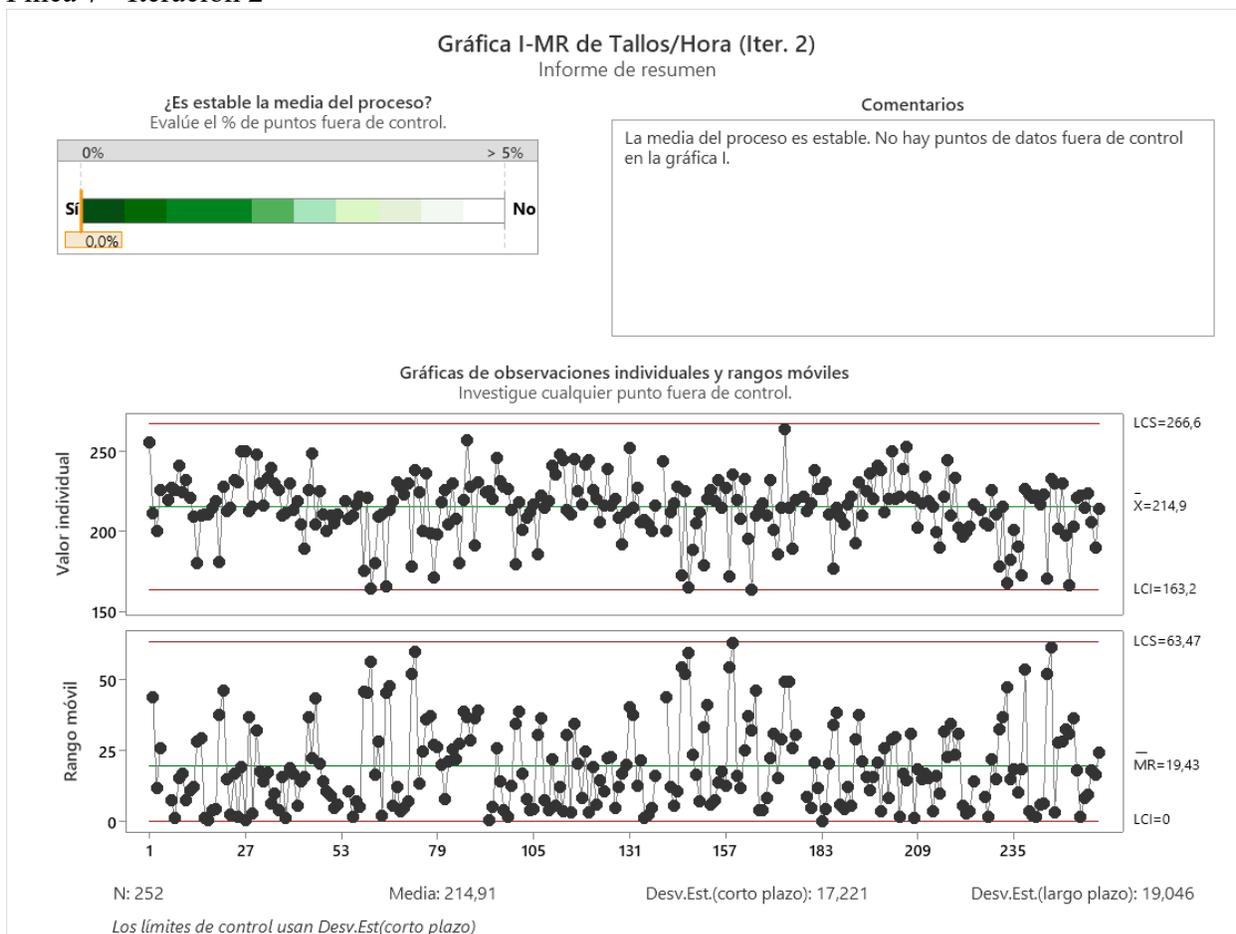
La media del proceso pudiera no ser estable. 4 puntos de los datos (1,6%) están fuera de control en la gráfica I. Tenga en cuenta la posibilidad de ver 0,7% de puntos fuera de control, aunque el proceso sea estable.

Gráficas de observaciones individuales y rangos móviles
Investigue cualquier punto fuera de control.

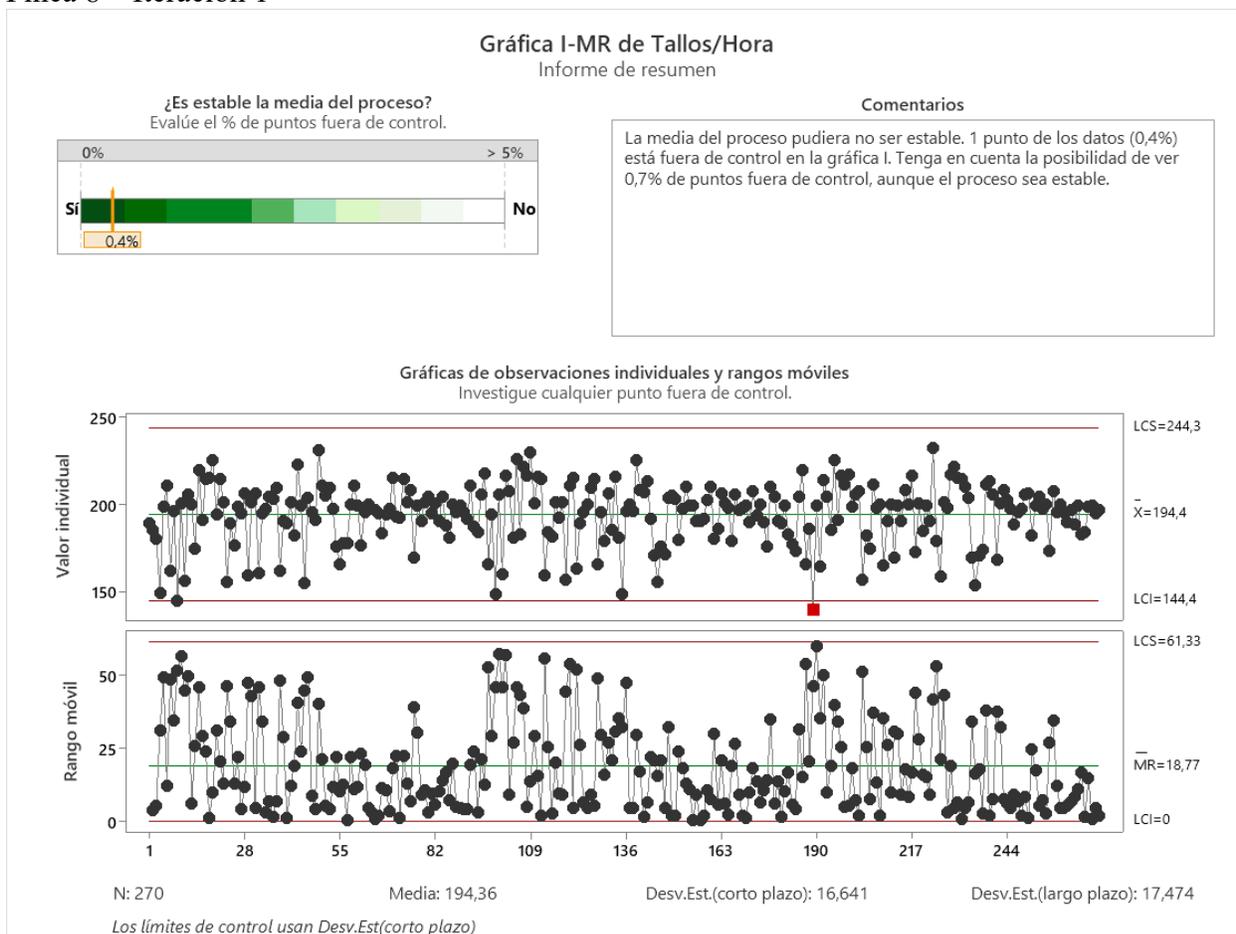


Los límites de control usan Desv.Est.(corto plazo)

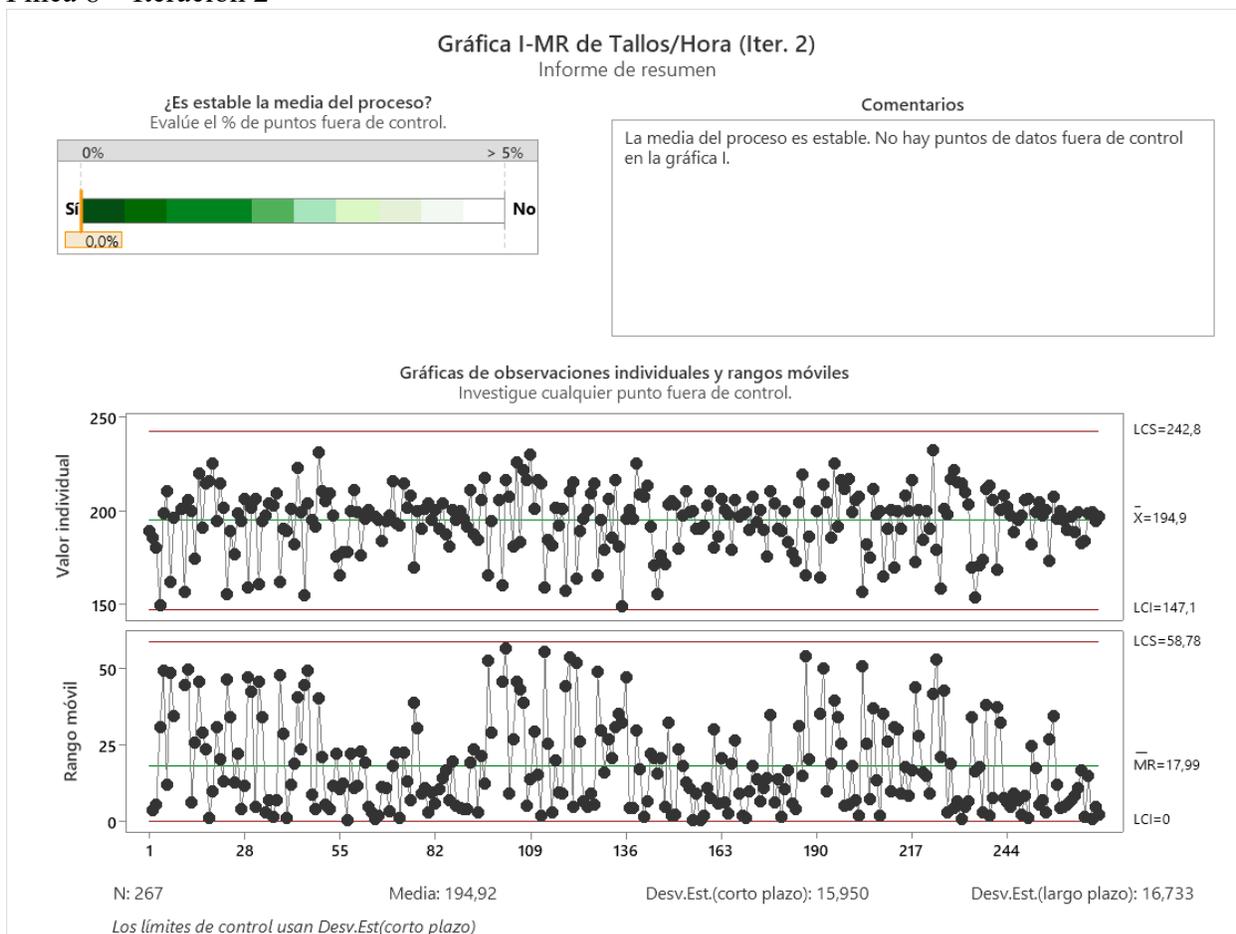
Finca 7 - Iteración 2



Finca 8 – Iteración 1



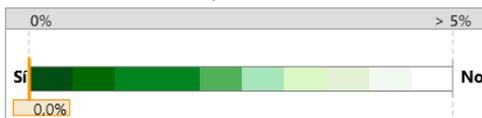
Finca 8 – Iteración 2



Finca 9

Gráfica I-MR de Tallos/Hora
Informe de resumen

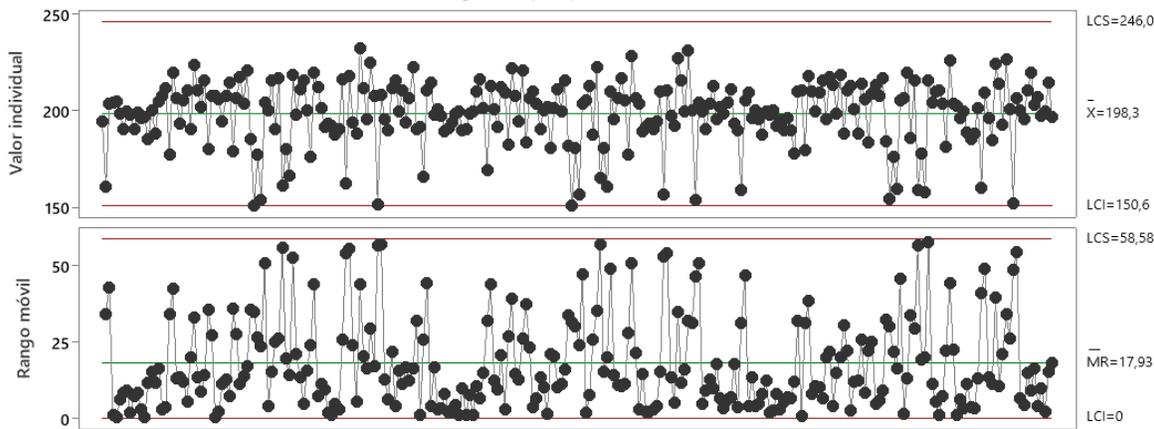
¿Es estable la media del proceso?
Evalúe el % de puntos fuera de control.



Comentarios

La media del proceso es estable. No hay puntos de datos fuera de control en la gráfica I.

Gráficas de observaciones individuales y rangos móviles
Investigue cualquier punto fuera de control.



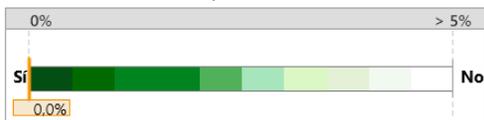
N: 270 Media: 198,32 Desv.Est.(corto plazo): 15,896 Desv.Est.(largo plazo): 16,554

Los límites de control usan Desv.Est(corto plazo)

Finca 6

Gráfica I-MR de Tallos/Hora
Informe de resumen

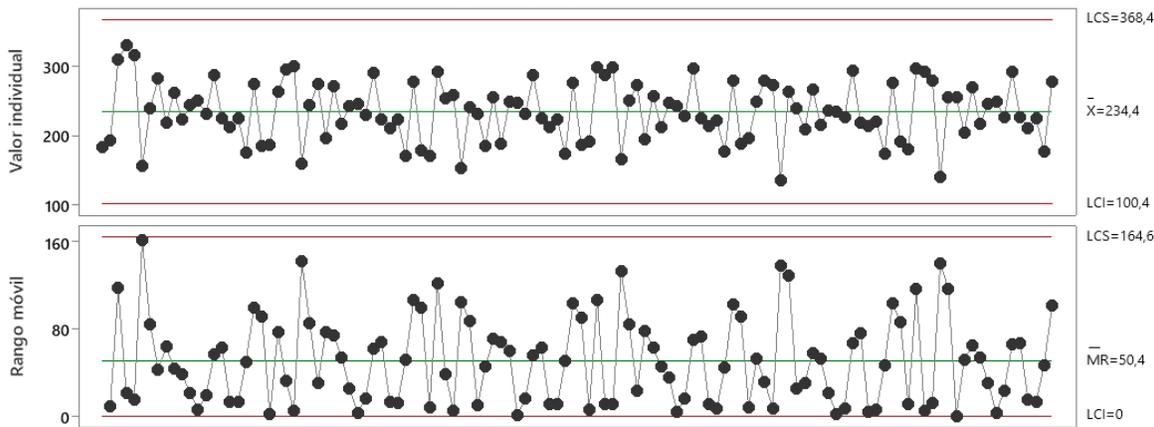
¿Es estable la media del proceso?
Evalúe el % de puntos fuera de control.



Comentarios

La media del proceso es estable. No hay puntos de datos fuera de control en la gráfica I.

Gráficas de observaciones individuales y rangos móviles
Investigue cualquier punto fuera de control.



N: 120 Media: 234,36 Desv.Est.(corto plazo): 44,666 Desv.Est.(largo plazo): 42,367

Los límites de control usan Desv.Est.(corto plazo)

ANEXO 7: Prueba de bondad del ajuste

Finca 2

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P LRT P
Normal	1,145	0,005
Transformación Box-Cox	0,636	0,096
Lognormal	0,631	0,099
Lognormal de 3 parámetros	0,683	* 0,735
Exponencial	145,948	<0,003
Exponencial de 2 parámetros	70,465	<0,010 0,000
Weibull	5,442	<0,010
Weibull de 3 parámetros	1,266	<0,005 0,000
Valor extremo más pequeño	7,698	<0,010
Valor extremo por máximos	2,963	<0,010
Gamma	0,747	0,052
Gamma de 3 parámetros	0,685	* 0,766
Logística	1,163	<0,005
Loglogística	0,745	0,030
Loglogística de 3 parámetros	0,674	* 0,695
Transformación de Johnson	0,572	0,137

Finca 7

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	2,508	<0,005		
Transformación Box-Cox	1,124	0,006		
Lognormal	4,051	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	2,502	*	0,000	
Exponencial	96,919	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	46,124	<0,010	0,000	
Weibull	1,656	<0,010		
Weibull de 3 parámetros	1,467	<0,005	0,037	
Valor extremo más pequeño	2,452	<0,010		
Valor extremo por máximos	10,138	<0,010		
Gamma	3,469	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	3,247	*	0,052	
Logística	1,289	<0,005		
Loglogística	2,099	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	1,290	*	0,002	
Transformación de Johnson	0,375	0,412		

Finca 8

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	3,206	<0,005		
Transformación Box-Cox	0,870	0,025		
Lognormal	4,853	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	3,210	*	0,000	
Exponencial	103,112	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	49,306	<0,010	0,000	
Weibull	0,995	0,013		
Weibull de 3 parámetros	1,126	<0,005	0,230	
Valor extremo más pequeño	1,240	<0,010		
Valor extremo por máximos	10,508	<0,010		
Gamma	4,261	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	4,188	*	0,049	
Logística	2,287	<0,005		
Loglogística	3,288	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	2,289	*	0,001	
Transformación de Johnson	0,685	0,073		

Finca 9

Prueba de bondad del ajuste

Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	4,131	<0,005		
Transformación Box-Cox	0,663	0,082		
Lognormal	6,356	<0,005		
Lognormal de 3 parámetros	4,127	*	0,000	
Exponencial	105,099	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	53,475	<0,010	0,000	
Weibull	0,730	0,058		
Weibull de 3 parámetros	0,665	0,039	0,616	
Valor extremo más pequeño	0,668	0,083		
Valor extremo por máximos	14,399	<0,010		
Gamma	5,551	<0,005		
Gamma de 3 parámetros	5,280	*	0,011	
Logística	2,093	<0,005		
Loglogística	3,153	<0,005		
Loglogística de 3 parámetros	2,096	*	0,000	
Transformación de Johnson	0,423	0,318		

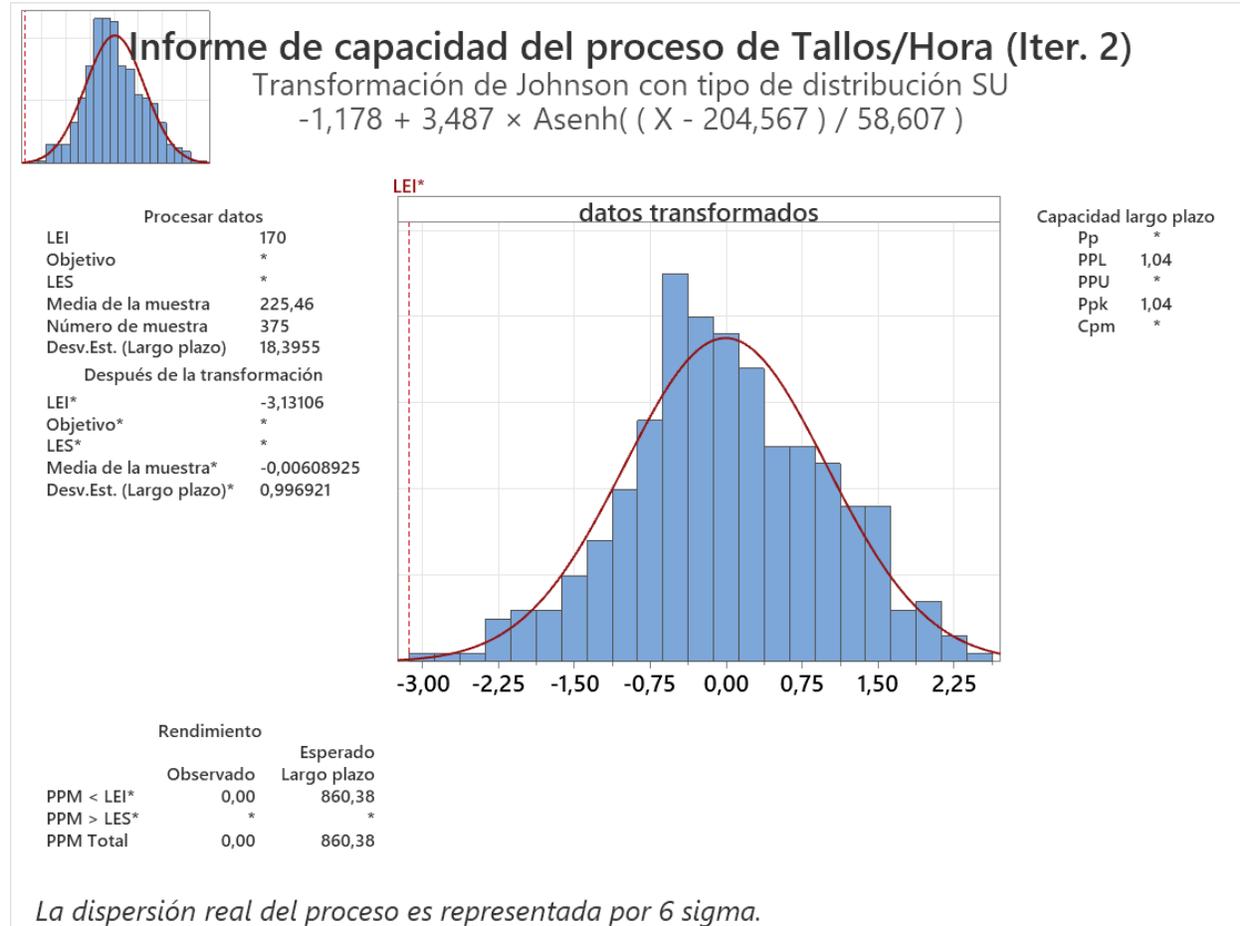
Finca 6

Prueba de bondad del ajuste

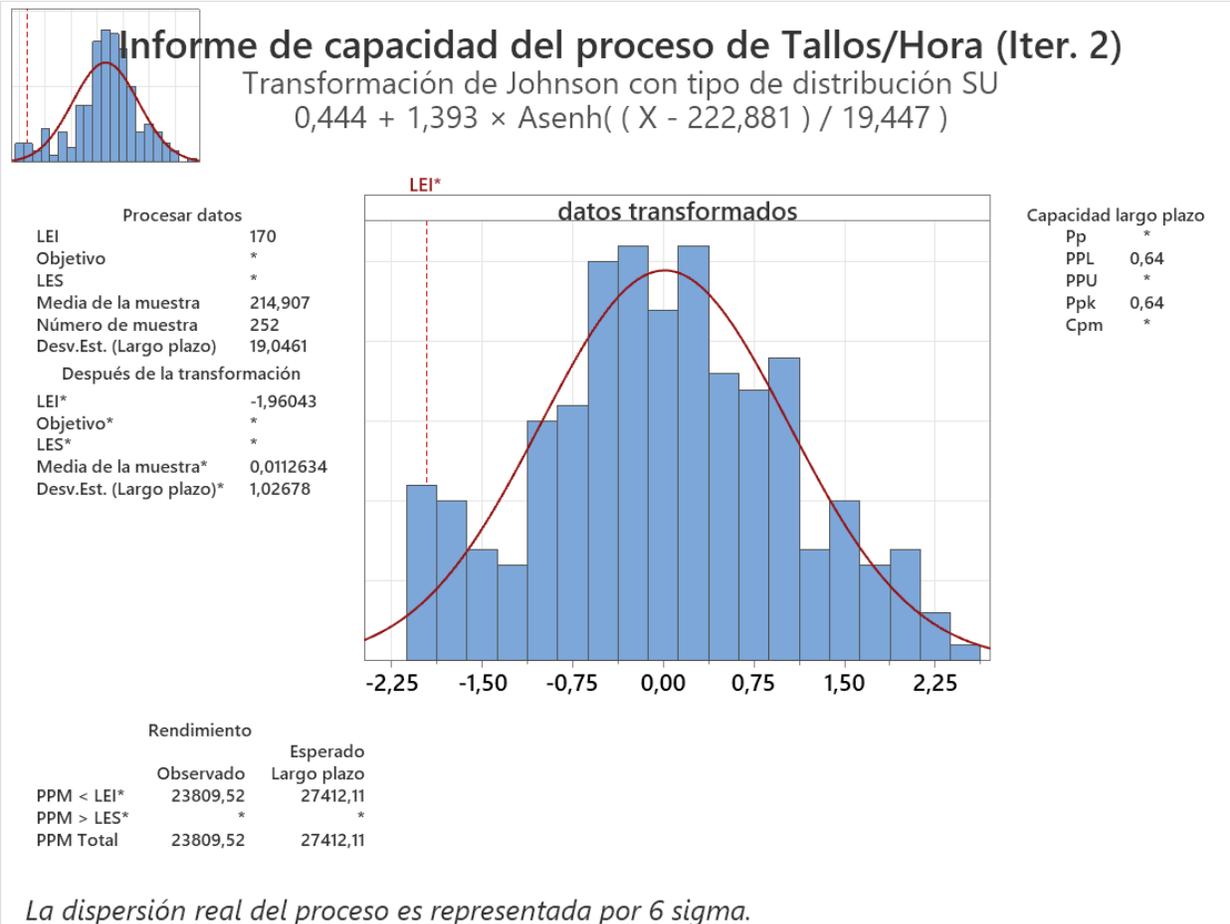
Distribución	AD	P	LRT	P
Normal	0,496	0,210		
Transformación Box-Cox	0,496	0,210		
Lognormal	0,912	0,020		
Lognormal de 3 parámetros	0,511	*	0,013	
Exponencial	37,040	<0,003		
Exponencial de 2 parámetros	16,974	<0,010	0,000	
Weibull	0,541	0,179		
Weibull de 3 parámetros	0,443	0,225	0,131	
Valor extremo más pequeño	1,094	<0,010		
Valor extremo por máximos	1,557	<0,010		
Gamma	0,710	0,067		
Gamma de 3 parámetros	0,558	*	0,150	
Logística	0,670	0,047		
Loglogística	0,896	0,011		
Loglogística de 3 parámetros	0,671	*	0,060	

ANEXO 8: Capacidad del Proceso

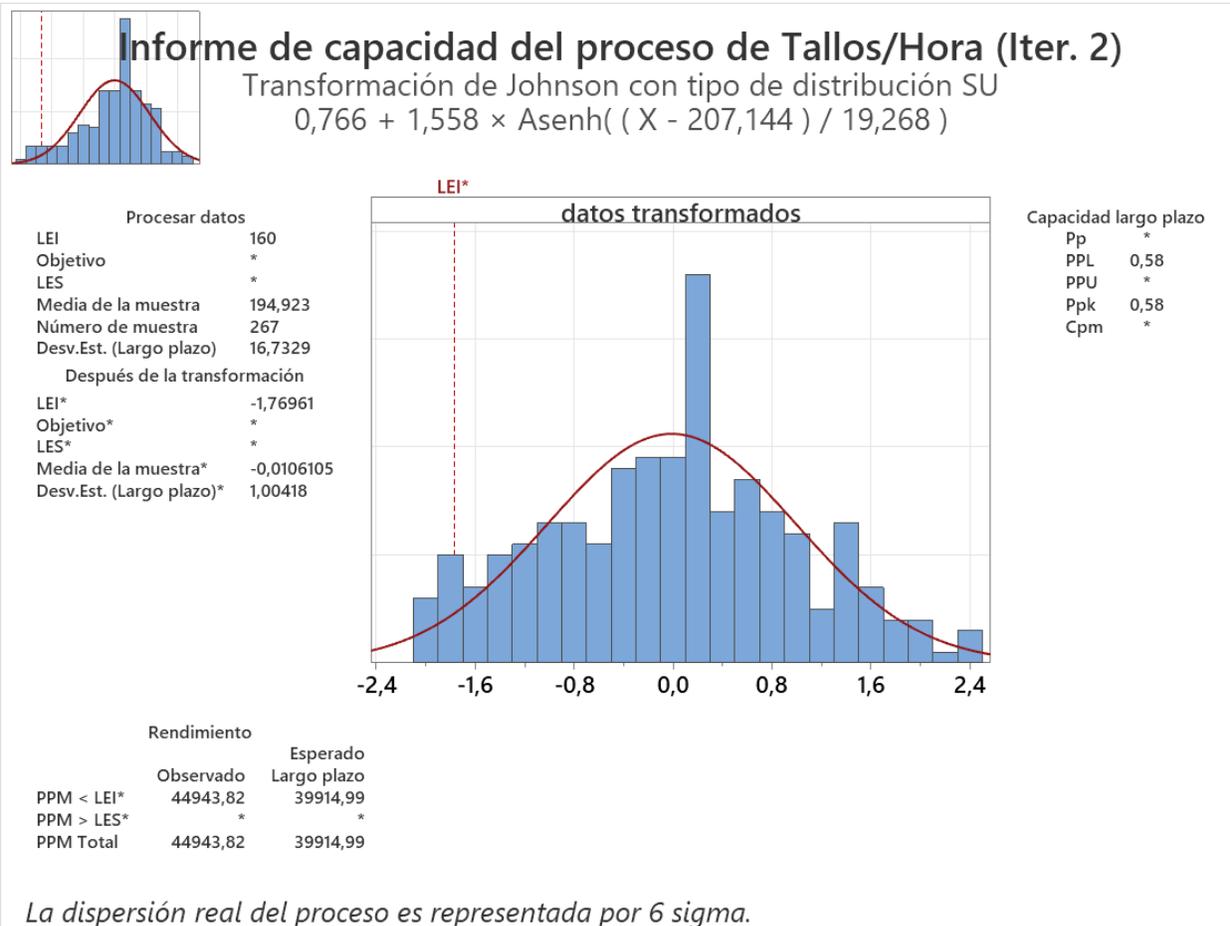
Finca 2



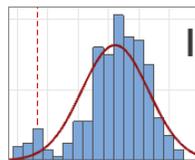
Finca 7



Finca 8



Finca 9



Informe de capacidad del proceso de Tallos/Hora

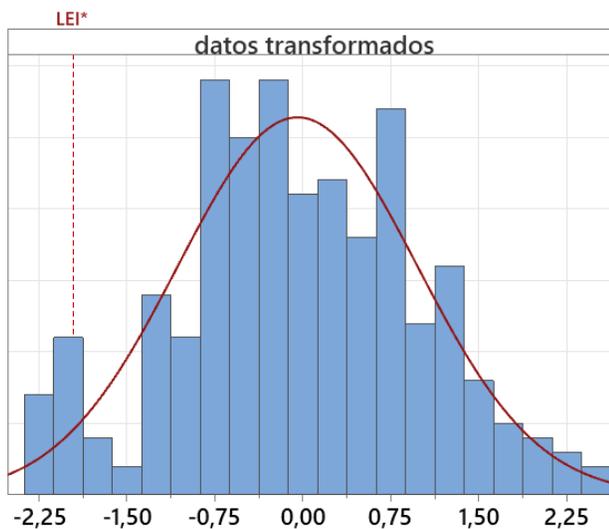
Transformación de Johnson con tipo de distribución SU
 $1,186 + 1,788 \times \text{Asenh}\left(\frac{X - 215,521}{19,681}\right)$

Procesar datos

LEI	160
Objetivo	*
LES	*
Media de la muestra	198,322
Número de muestra	270
Desv.Est. (Largo plazo)	16,5536

Después de la transformación

LEI*	-1,96114
Objetivo*	*
LES*	*
Media de la muestra*	-0,0449368
Desv.Est. (Largo plazo)*	1,02005



Capacidad largo plazo

Pp	*
PPL	0,63
PPU	*
Ppk	0,63
Cpm	*

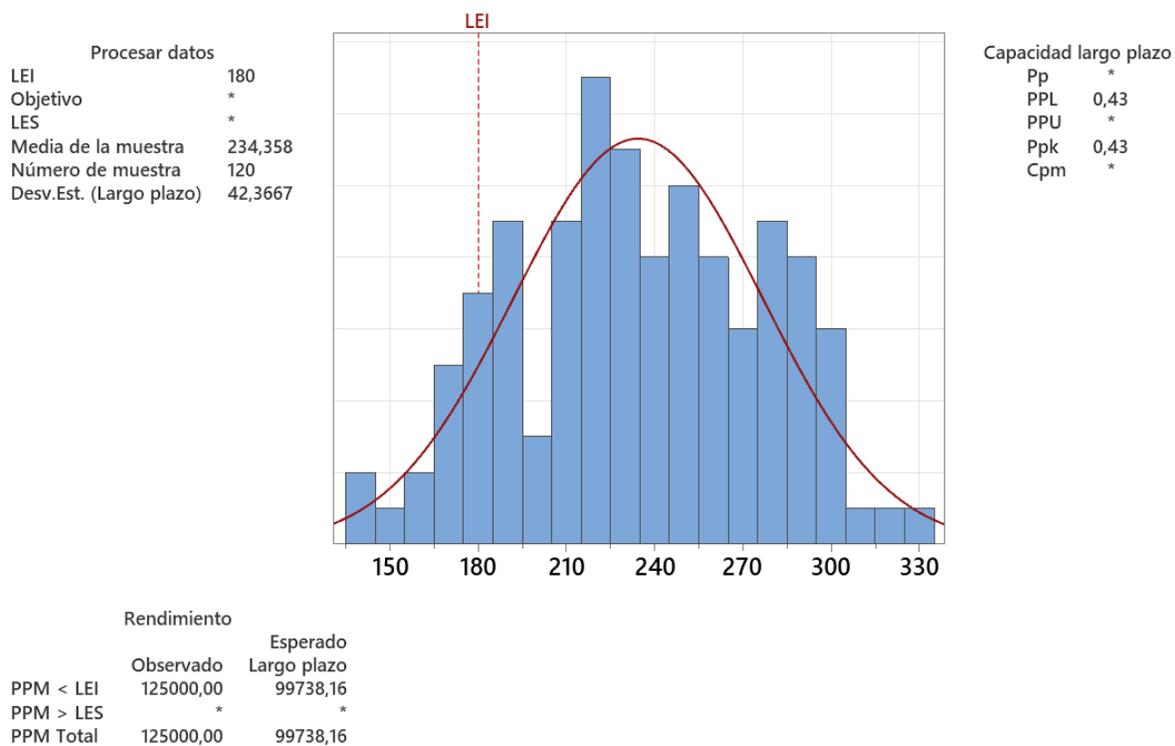
Rendimiento

	Observado	Esperado Largo plazo
PPM < LEI*	48148,15	30153,60
PPM > LES*	*	*
PPM Total	48148,15	30153,60

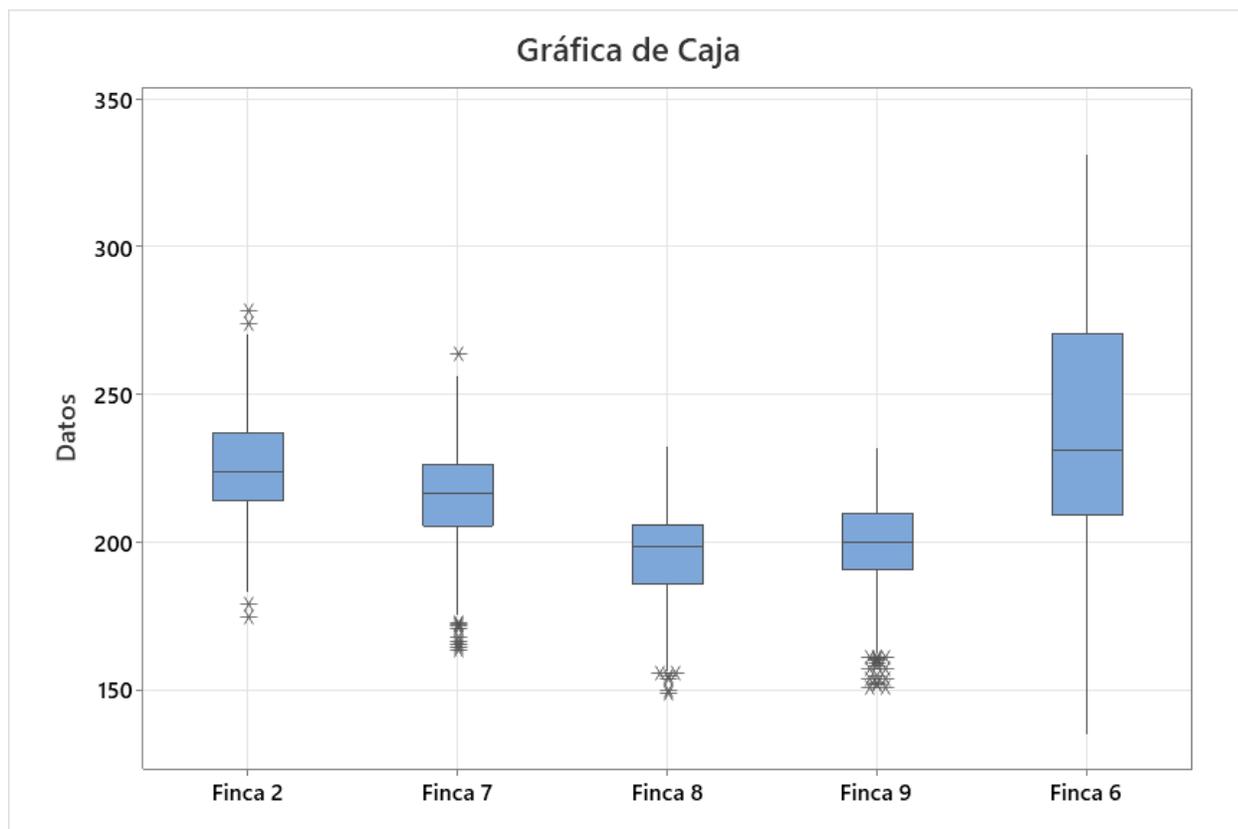
La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

Finca 6

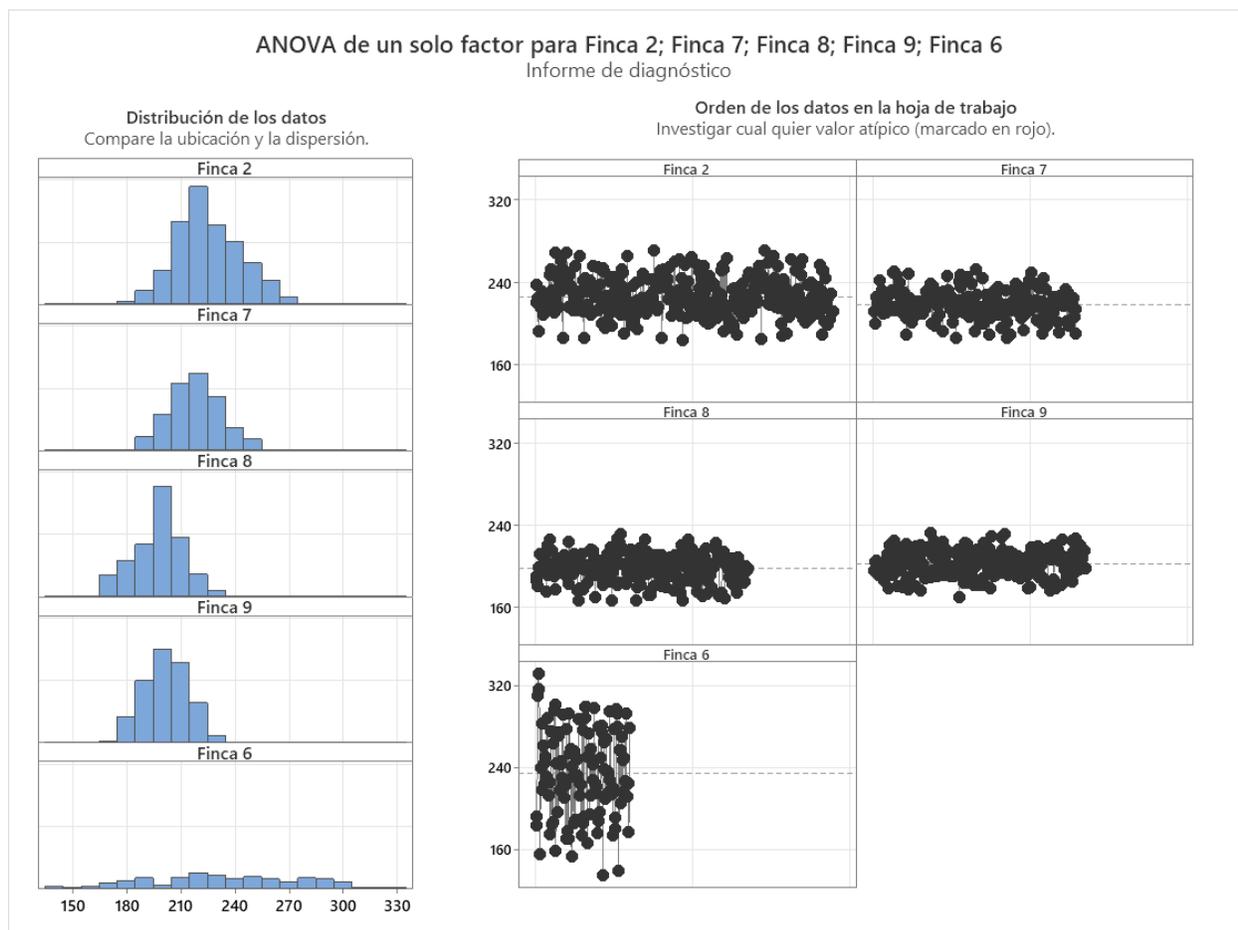
Informe de capacidad del proceso de Tallos/Hora



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

ANEXO 9: Diagrama de Caja

ANEXO 10: Supuestos ANOVA

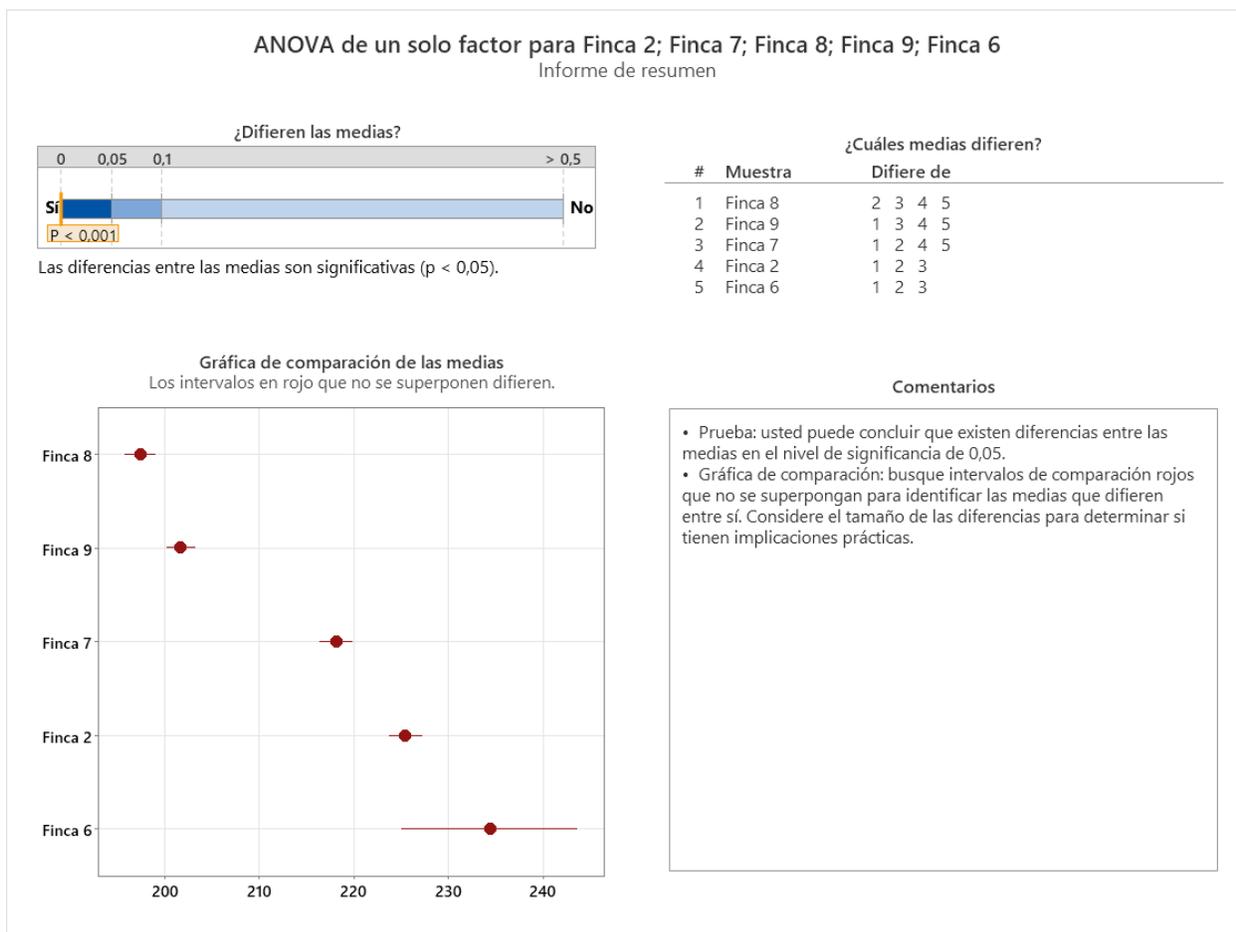


ANOVA de un solo factor para Finca 2; Finca 7; Finca 8; Finca 9; Finca 6

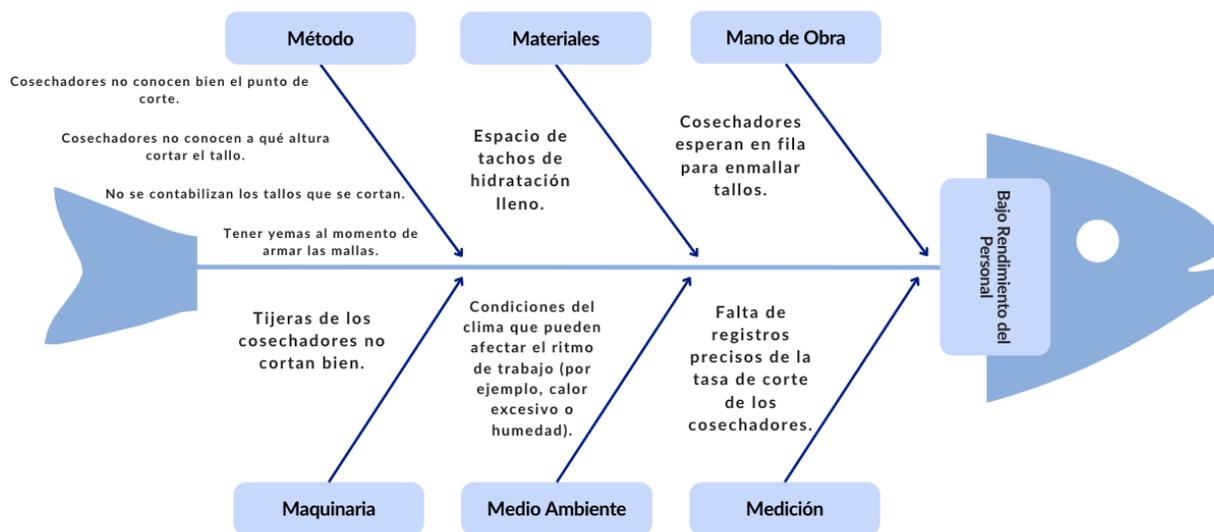
Tarjeta de informe

Verificar	Estado	Descripción
Datos poco comunes		No hay puntos de datos poco comunes. Los datos poco comunes pueden tener una fuerte influencia sobre los resultados.
Tamaño de la muestra		La muestra es suficiente para detectar diferencias entre las medias.
Normalidad		Debido a que todas sus muestras tienen un tamaño de por lo menos 15, la normalidad no es un problema. La prueba es exacta con datos no normales cuando los tamaños de las muestras son suficientemente grandes.
Varianza igual		El Asistente de Minitab utiliza el método de Welch, que no presupone ni requiere que las muestras tengan varianzas iguales. Según estudios, la prueba se desarrolla adecuadamente con varianzas desiguales, incluso cuando los tamaños de las muestras no son iguales.

ANEXO 11: ANOVA



ANEXO 12: Ishikawa



ANEXO 13: Criterios AMEF

Severidad	Criterio	Valor
Muy Baja	El fallo tiene un impacto mínimo en el rendimiento de corte.	1
Baja	El fallo causa una ligera disminución en el rendimiento de corte.	2-3
Modera da	El fallo afecta notablemente el rendimiento de corte.	4-6
Alta	El fallo causa una caída significativa en el rendimiento de corte.	7-8
Muy Alta	El fallo provoca una caída crítica en el rendimiento de corte.	9-10

Ocurrencia	Criterio	Valor
Muy Baja	Ningún fallo en el rendimiento de corte se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallo en el rendimiento de corte aislados en procesos similares o casi idénticos . Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Modera da	Fallo en el rendimiento de corte aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo en el rendimiento de corte se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo en el rendimiento de corte casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Detección	Criterio	Valor
Muy Alta	Muy alta probabilidad de que los controles actuales detecten fallos en el rendimiento de corte.	1

Alta	Alta probabilidad de que los controles actuales detecten fallos en el rendimiento de corte.	2-3
Moderada	Probabilidad moderada de que los controles actuales detecten fallos en el rendimiento de corte.	4-6
Muy Baja	Probabilidad muy baja de que los controles actuales detecten fallos en el rendimiento de corte.	7-8
Casi Imposible	No hay controles disponibles para detectar fallos en el rendimiento de corte.	9-10

ANEXO 14: AMEF

Actividad	Modos de fallo	Efecto	S	Causa	O	Controles	D	NPR Inicio
Cortar rosa en base al punto de corte.	Cosechadores no conoce bien el punto de corte de rosa standard.	Cosechadores se demoran para identificar el tallo a cortar y pueden cortar un tallo que no está listo.	8	Cada variedad tiene un distinto punto de corte.	7	Se da capacitación al personal.	6	336
	Cosechadores no conocen a que altura cortar el tallo.	Cosechadores se demoran para el corte del tallo y si hacen un mal corte el proximo tallo puede salir muy delgado y corto.	7	Cosechadores no calculan bien el diámetro del tallo.	6	Se da capacitación al personal.	6	252
	Tijeras de los cosechadores no cortan bien.	Cosechadores se demoran en realizar el corte del tallo.	7	No hay mantenimiento de herramientas de trabajo.	5	No hay un control.	9	315
Separar en 25 o 30 tallos.	No se contabilizan los tallos que se cortan.	Cosechadores tienen que volver dentro de las camas de rosa para poder completar las mallas que pueden ser de 25 o 30 tallos.	7	Falta de concentración del trabajador.	6	No hay un control.	9	378

Enmallar tallos.	Cosechadores esperan en fila para enmallar tallos.	Cosechadores se demoran para realizar el enmallado de los tallos.	6	Falta de mesas de enmallado.	7	Supervisor controla el proceso.	4	168
Colocar mallas en hidratación.	Espacio de tachos de hidratación lleno.	Cosechadores pierden tiempo buscando donde colocar las mallas de rosas.	7	Falta de tachos de hidratación o demora de tractor para retirar las mallas.	6	Supervisor controla el proceso.	4	168
Desyemar tallos de rosa.	Tener yemas al momento de armar las mallas.	Cosechadores pierden tiempo al sacar primero las yemas antes de enmallar.	6	No desyemaron todos los tallos al momento de realizar esta actividad.	6	No hay un control.	9	324

Actividad	Modos de fallo	Acciones	S	O	D	NPR Final
Cortar rosa en base al punto de corte.	Cosechadores no conoce bien el punto de corte de rosa standard.	Colocar identificación del punto de corte por variedad.	8	4	2	64
	Cosechadores no conocen a que altura cortar el tallo.	Dar una herramienta sencilla para seleccionar tallos gruesos de delgados.	7	4	2	56
	Tijeras de los cosechadores no cortan bien.	Realizar un plan de mantenimiento de herramientas de trabajo en cultivo.	7	4	2	56

Separar en 25 o 30 tallos.	No se contabilizan los tallos que se cortan.	Capacitar al personal para que vaya contando los tallos mientras realiza el corte.	7	5	2	70
Enmallar tallos.	Cosechadores esperan en fila para enmallar tallos.	Asignar tarea útiles durante la espera.	6	5	2	60
Colocar mallas en hidratación.	Espacio de tachos de hidratación lleno.	En base a la producción revisar si se necesitan mas tachos. Crear un sistema para controlar tiempos en los que los tractores se demoran dejando la flor en los centros de acopio.	7	4	2	56
Desyemar tallos de rosa.	Tener yemas al momento de armar las mallas.	Capacitación de lo importante del desyeme a tiempo para tener un mayor control al momento del desyeme.	6	4	3	72

ANEXO 15: TOC

Paso	Descripción
1. Identificar la restricción	La restricción principal en el proceso de enmallado es el número limitado de mesas disponibles. Esto crea cuellos de botella al generar tiempos de espera, lo que afecta la productividad de los trabajadores. Dado que solamente dos personas pueden enmallar a la vez, el resto de los trabajadores deben esperar a que se libere una mesa, lo que reduce la tasa de corte de tallos por hora y genera ineficiencias en el flujo de trabajo.
2. Explotar la restricción	Para maximizar el uso de las mesas disponibles en el proceso de enmallado, es fundamental asegurarse de que estas no permanezcan inactivas en ningún momento. Esto se puede lograr organizando el flujo de trabajo de manera que, en cuanto una mesa esté libre, otro trabajador pueda comenzar a utilizarla de inmediato.
3. Subordinar el sistema	Redistribuir tareas para que los trabajadores se mantengan ocupados en actividades útiles mientras esperan su turno para enmallar. Esto ayudará a reducir el tiempo ocioso y aumentar la productividad general.
4. Elevar la restricción	Para maximizar la utilización de las mesas disponibles, es importante implementar estrategias que mantengan a los trabajadores activos mientras esperan su turno. Los trabajadores pueden realizar actividades útiles, como preparar los tallos revisando si tienen enfermedades fitosanitarias, evaluar la longitud del tallo y tener listos los 25 o 30 tallos necesarios para ir en una malla según la variedad de rosa. Esto les permite estar listos para enmallar rápidamente cuando la mesa esté disponible, lo que reduce el tiempo total del proceso.
5. Repetir el proceso	Tras elevar la restricción, es esencial realizar un seguimiento constante del proceso. Evaluar el flujo de trabajo para identificar nuevas restricciones que puedan surgir en el futuro. El objetivo es seguir optimizando el proceso general para reducir tiempos muertos, aumentar la eficiencia y permitir una posible reducción en el número de trabajadores necesarios a largo plazo.

ANEXO 16: Tamaño de Muestra – Post Redistribución

Rosa Standard/Spray	
Población Objetivo	458
Tamaño de muestra	210

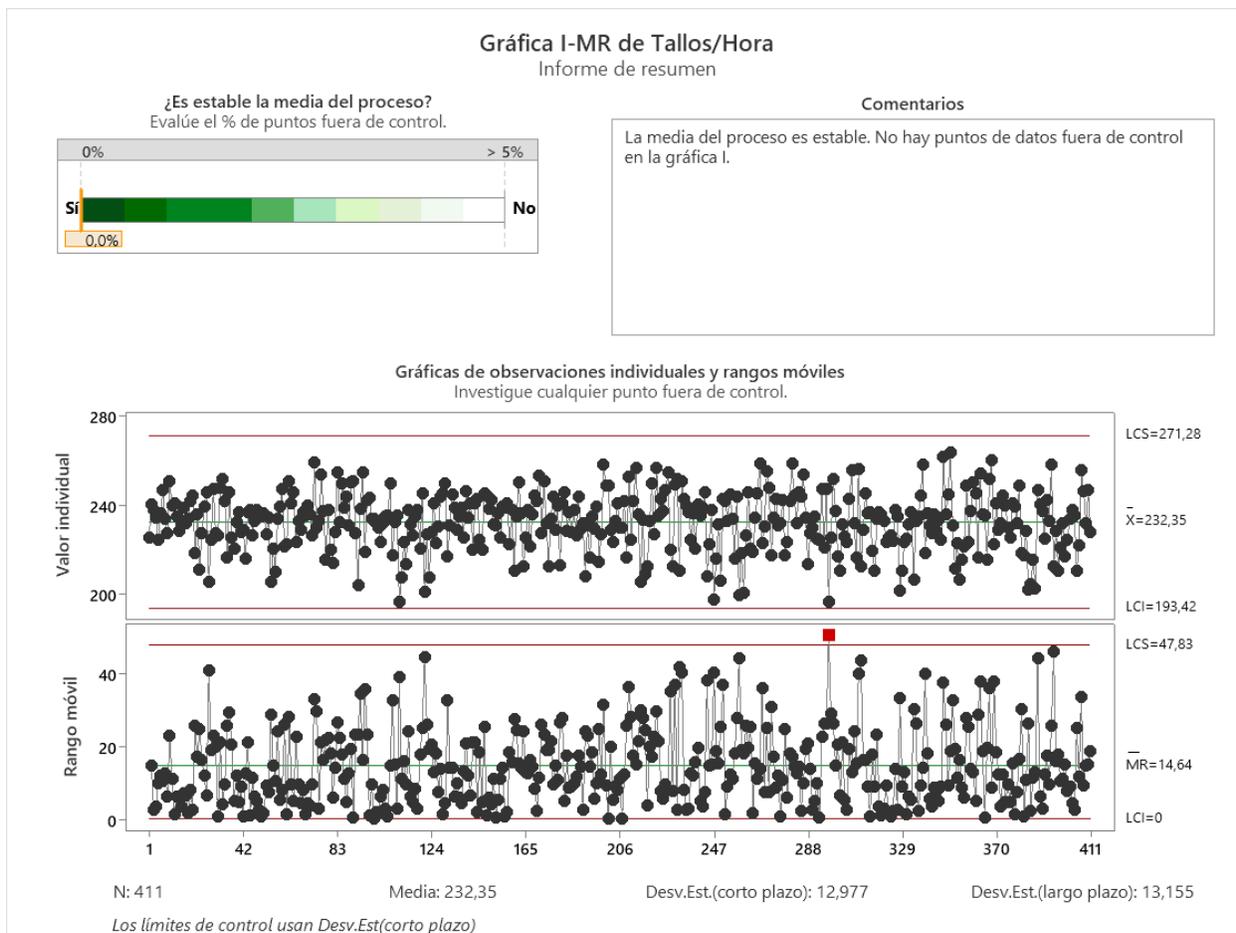
Finca	Población	
	Cosechadores	Proporción
Finca 2	137	64.32%
Finca 7	76	35.68%
Total	213	100.00%

Rosa Standard	
Población Objetivo	283
Tamaño de muestra	164

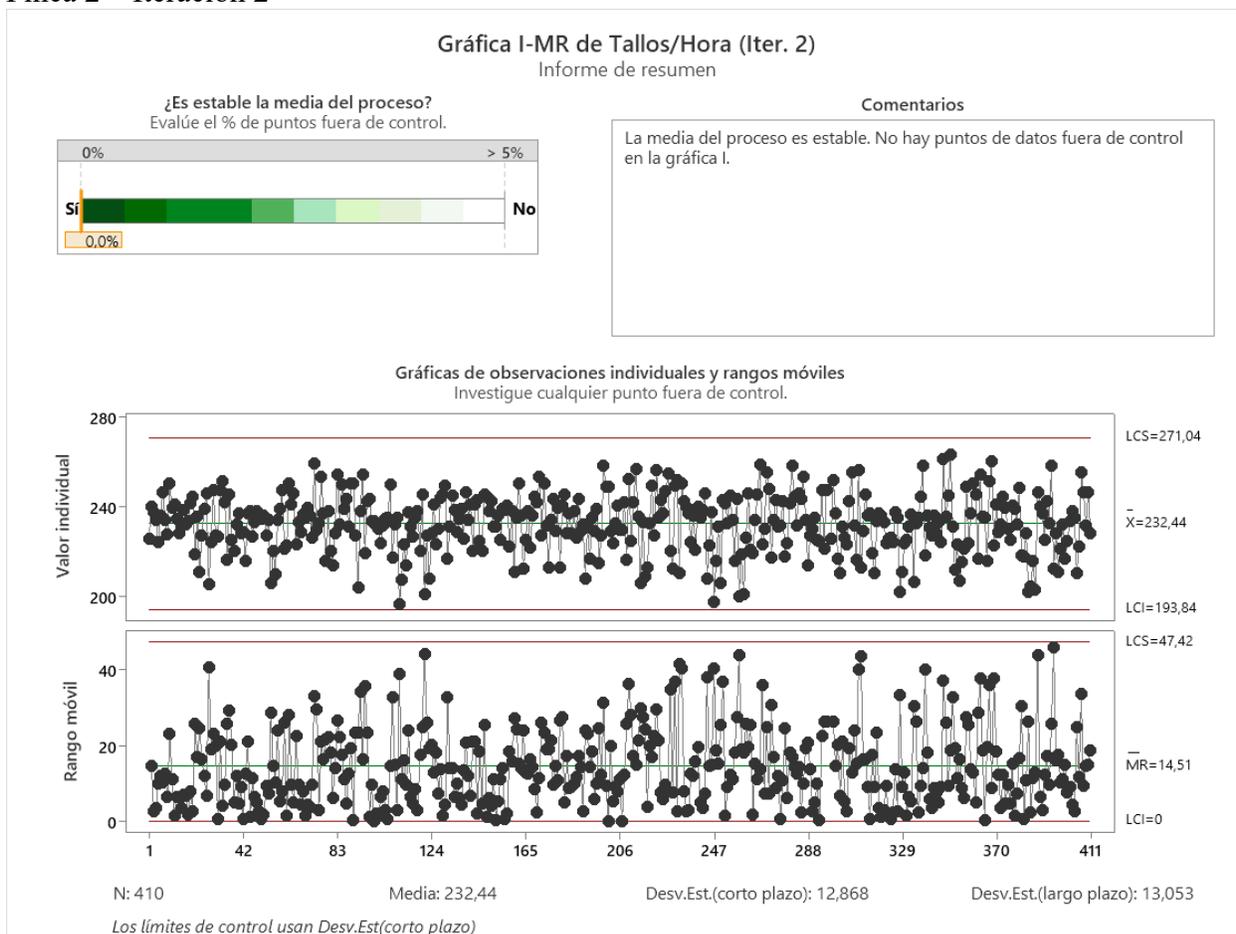
Finca	Población		Muestra Estratificada Uniforme	
	Cosechadores	Proporción	Cosechadores	Proporción
Finca 8	102	47.44%	82	50.00%
Finca 9	113	52.56%	82	50.00%
Total	215	100.00%	164	100.00%

ANEXO 17: Cartas de Control – Post Redistribución

Finca 2 – Iteración 1



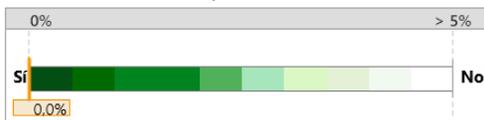
Finca 2 – Iteración 2



Finca 7

Gráfica I-MR de Tallos/Hora
Informe de resumen

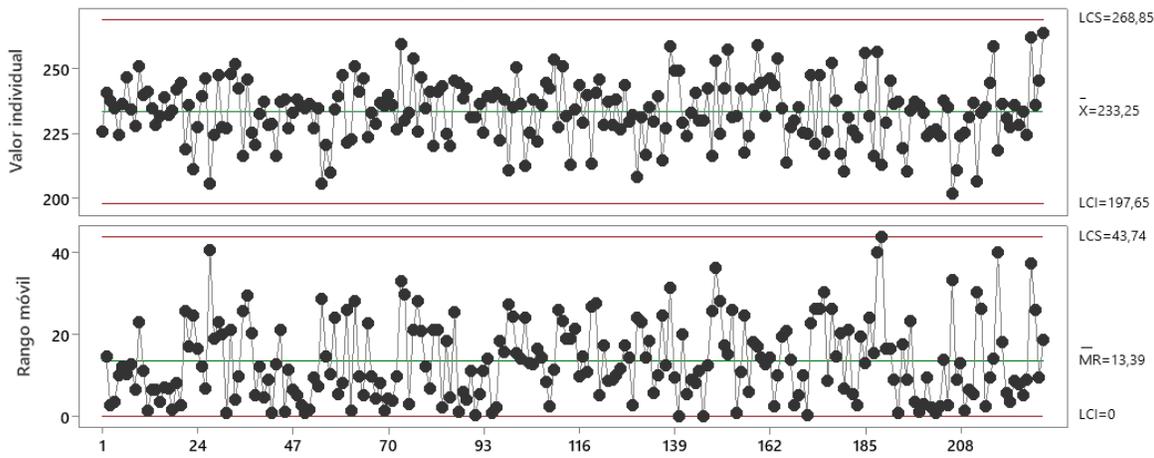
¿Es estable la media del proceso?
Evalúe el % de puntos fuera de control.



Comentarios

La media del proceso es estable. No hay puntos de datos fuera de control en la gráfica I.

Gráficas de observaciones individuales y rangos móviles
Investigue cualquier punto fuera de control.



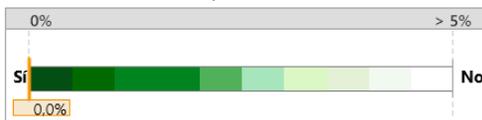
N: 228 Media: 233,25 Desv.Est.(corto plazo): 11,867 Desv.Est.(largo plazo): 11,804

Los límites de control usan Desv.Est.(corto plazo)

Finca 8 – Iteración 1

Gráfica I-MR de Tallos/Hora
Informe de resumen

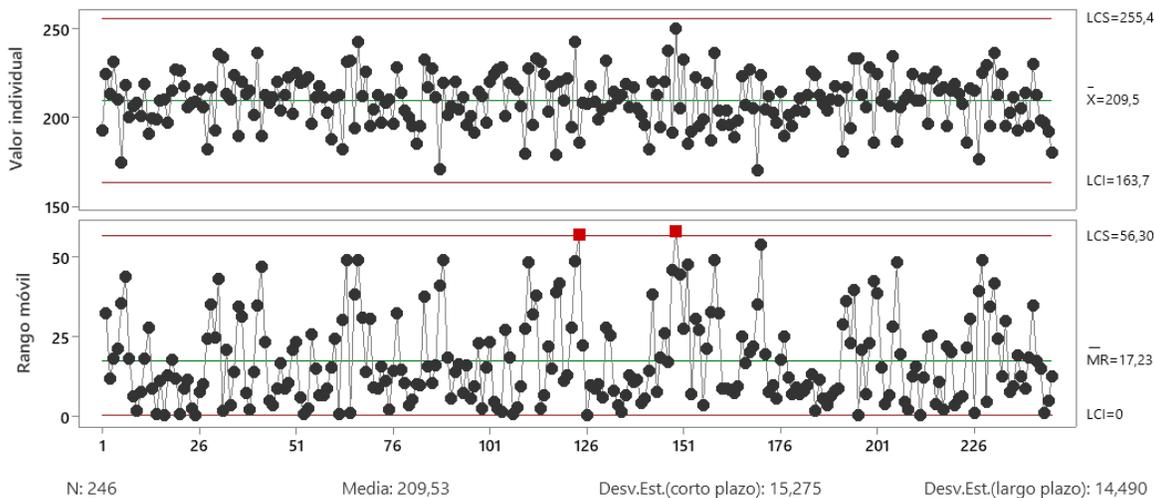
¿Es estable la media del proceso?
Evalúe el % de puntos fuera de control.



Comentarios

La media del proceso es estable. No hay puntos de datos fuera de control en la gráfica I.

Gráficas de observaciones individuales y rangos móviles
Investigue cualquier punto fuera de control.



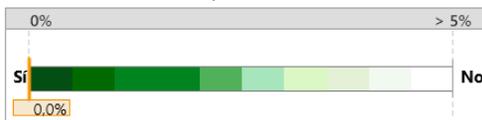
Los límites de control usan Desv.Est(corto plazo)

Finca 8 – Iteración 2

Gráfica I-MR de Tallos/Hora (Iter. 2)

Informe de resumen

¿Es estable la media del proceso?
Evalúe el % de puntos fuera de control.

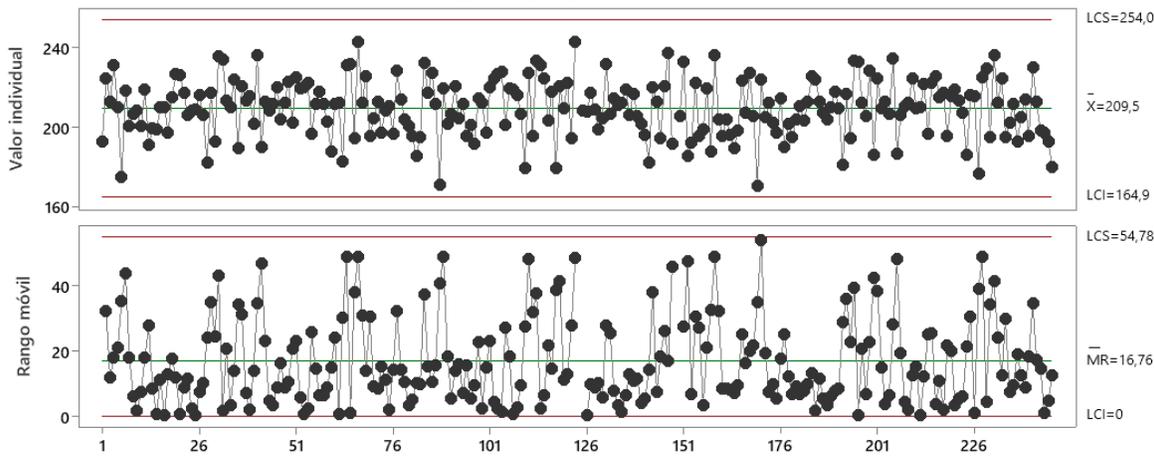


Comentarios

La media del proceso es estable. No hay puntos de datos fuera de control en la gráfica I.

Gráficas de observaciones individuales y rangos móviles

Investigue cualquier punto fuera de control.



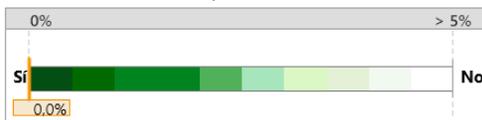
N: 244 Media: 209,46 Desv.Est.(corto plazo): 14,862 Desv.Est.(largo plazo): 14,239

Los límites de control usan Desv.Est(corto plazo)

Finca 9 – Iteración 1

Gráfica I-MR de Tallos/Hora
Informe de resumen

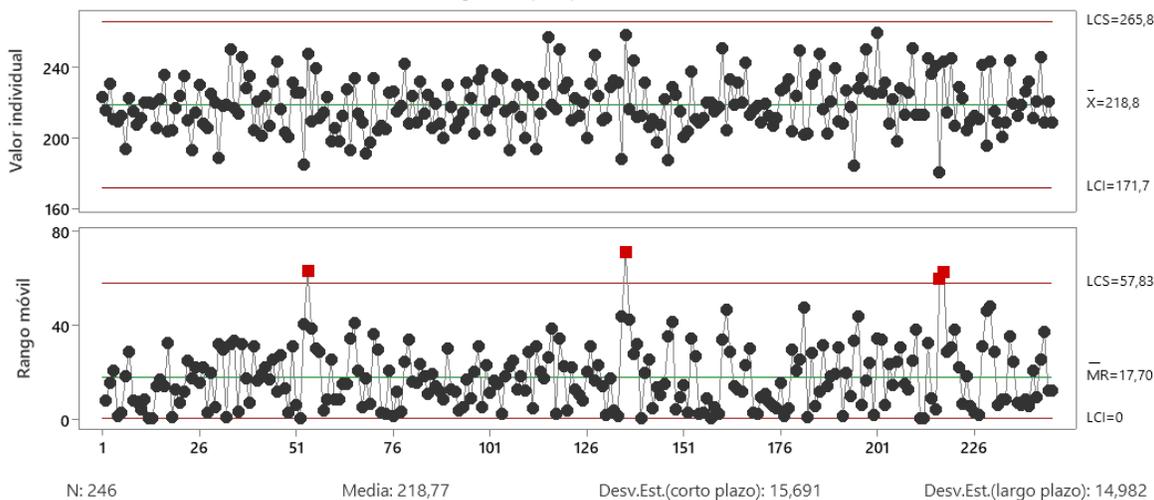
¿Es estable la media del proceso?
Evalúe el % de puntos fuera de control.



Comentarios

La media del proceso es estable. No hay puntos de datos fuera de control en la gráfica I.

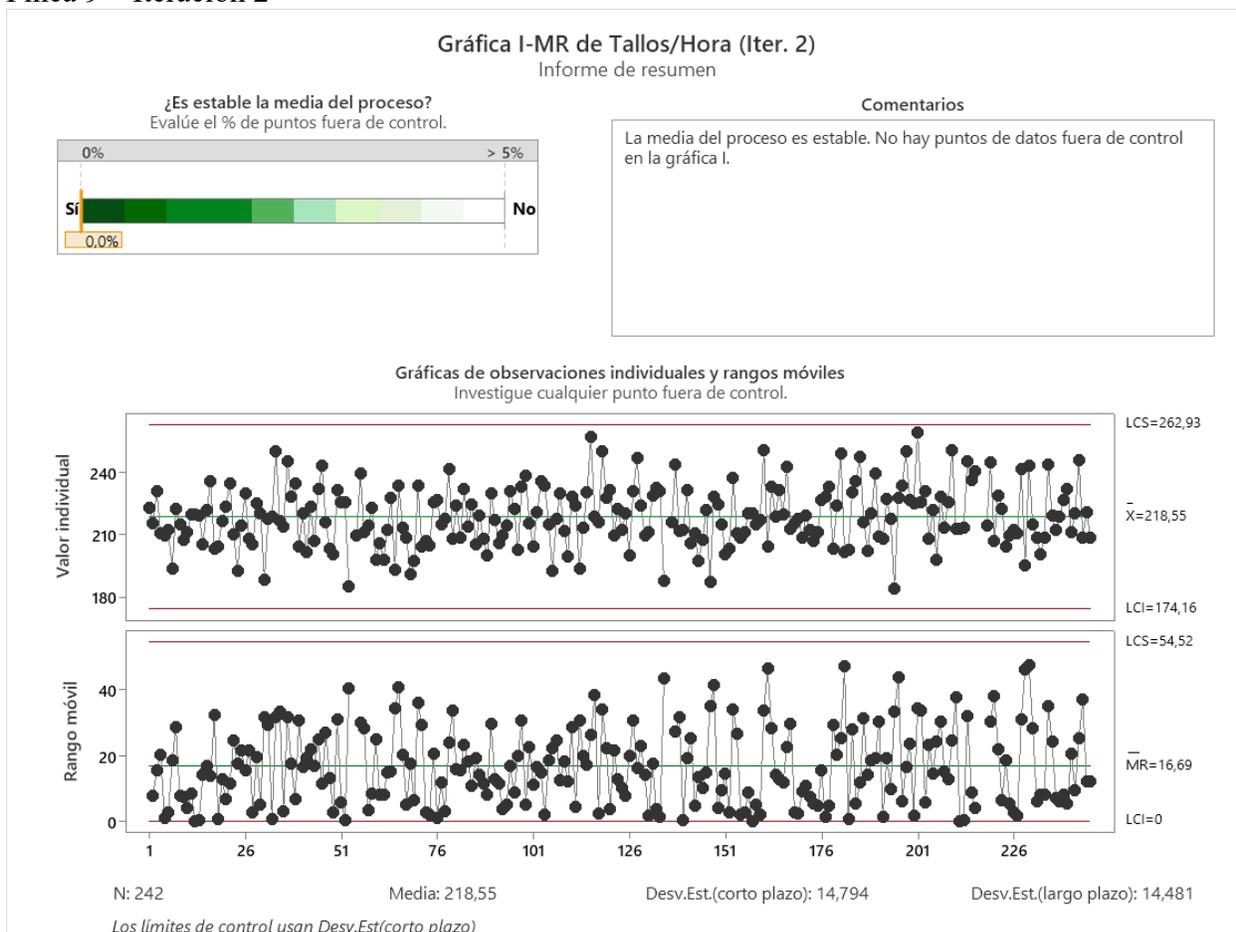
Gráficas de observaciones individuales y rangos móviles
Investigue cualquier punto fuera de control.



N: 246 Media: 218,77 Desv.Est.(corto plazo): 15,691 Desv.Est.(largo plazo): 14,982

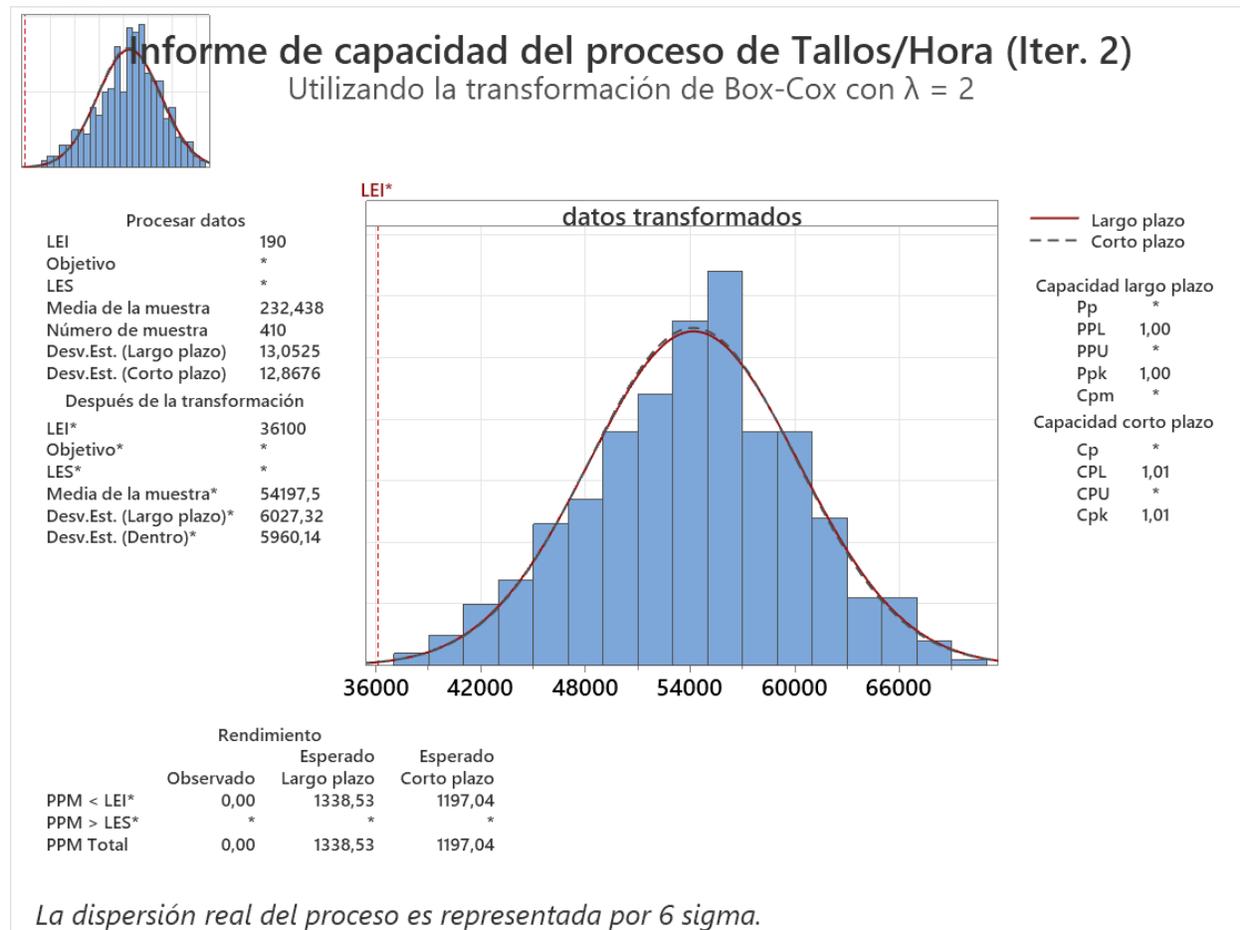
Los límites de control usan Desv.Est.(corto plazo)

Finca 9 – Iteración 2



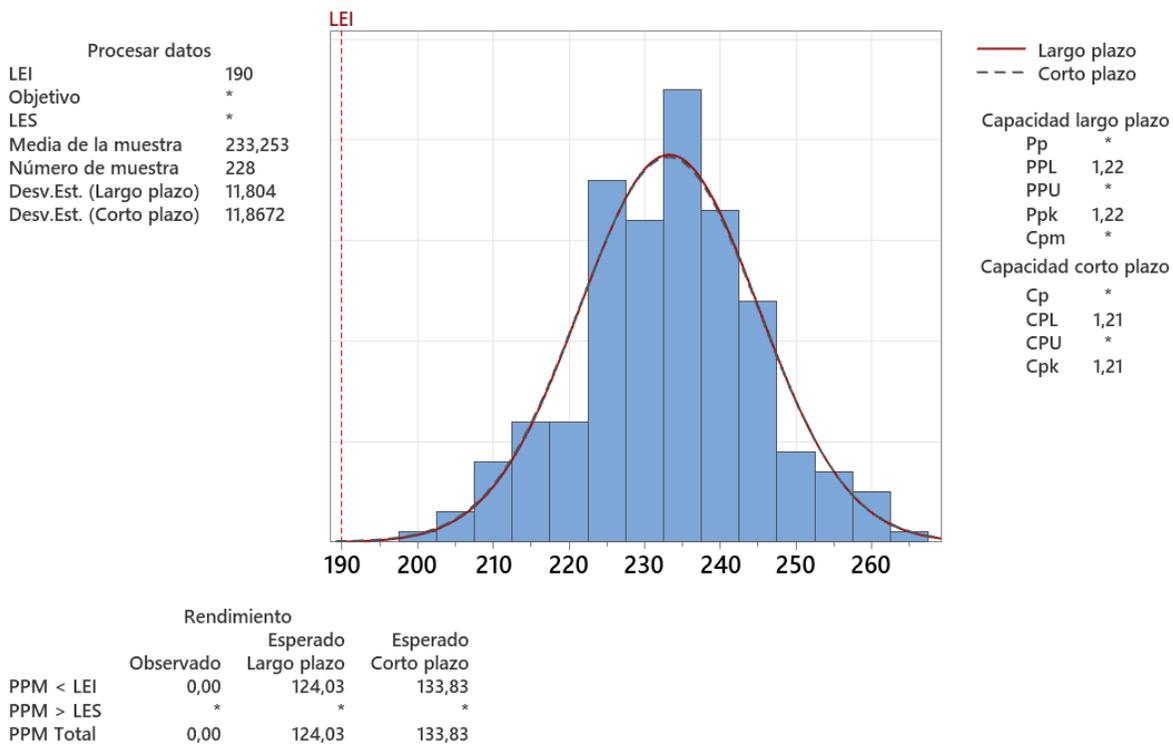
ANEXO 18: Análisis de Capacidad – Post Redistribución

Finca 2



Finca 7

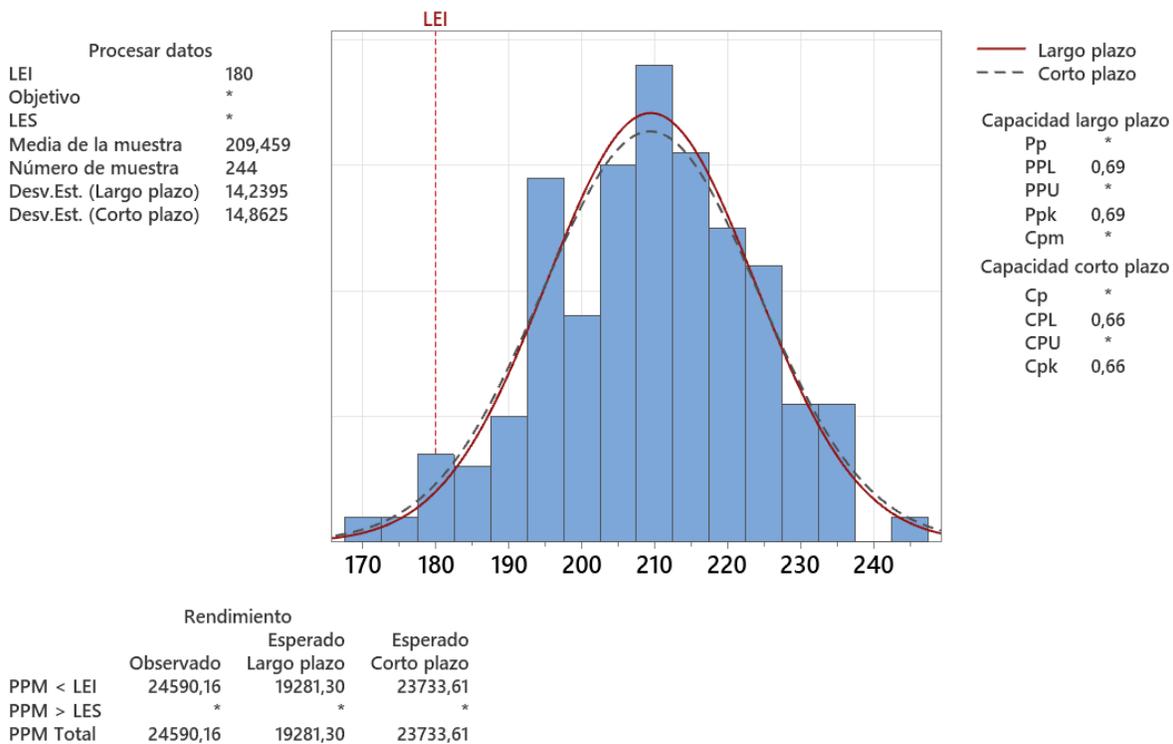
Informe de capacidad del proceso de Tallos/Hora



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

Finca 8

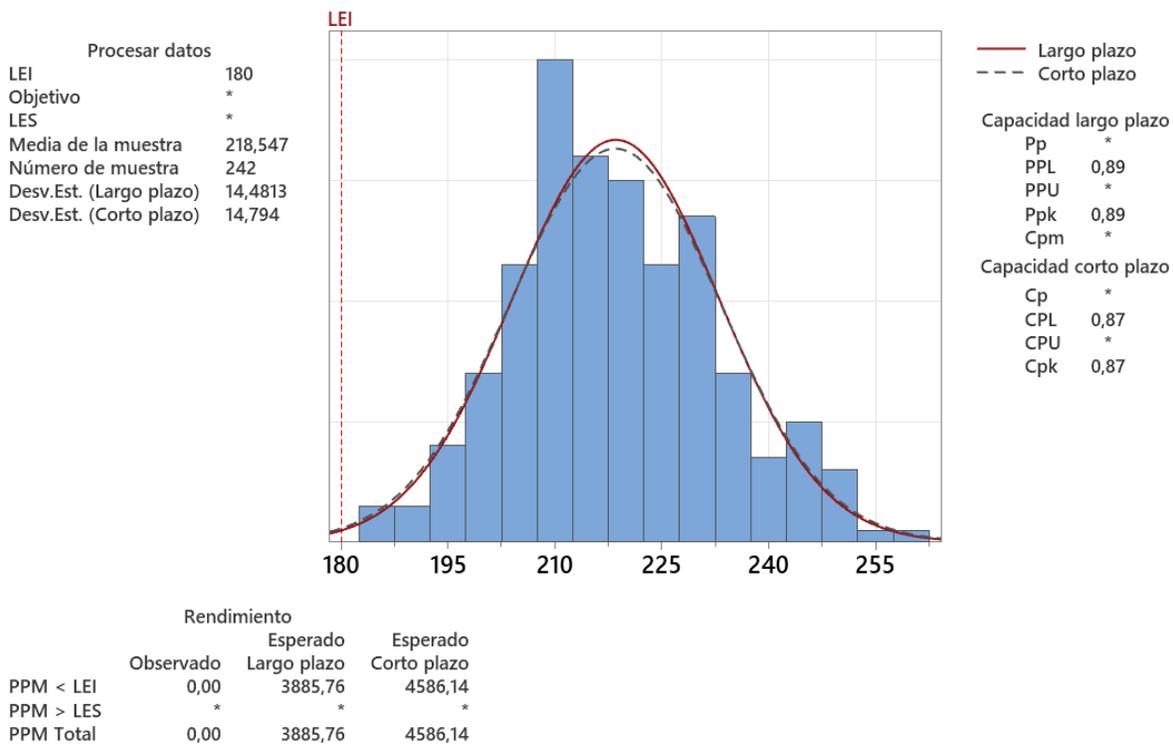
Informe de capacidad del proceso de Tallos/Hora (Iter. 2)



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

Finca 9

Informe de capacidad del proceso de Tallos/Hora (Iter. 2)



La dispersión real del proceso es representada por 6 sigma.

ANEXO 19: Pruebas T

Finca 2

PruebaHipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$ Valor T GL Valor p

-6,12 677 0,000

Finca 7

PruebaHipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$ Valor T GL Valor p

-11,95 413 0,000

Finca 8

PruebaHipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$ Valor T GL Valor p

-10,77 509 0,000

Finca 9

PruebaHipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$ Valor T GL Valor p

-14,73 513 0,000

ANEXO 20: Análisis Costo Beneficio

Solución	Costo	Beneficio
Letreros para estandarizar el proceso de corte por variedad de rosa	\$34.19 (materiales: cartulina (\$10.30), protector de hojas (\$23.89))	Reducción de errores y mejora de la productividad
Estandarizar el lugar donde se dejan los carritos de corte	\$0 (instrucciones internas)	Ahorro de tiempo en desplazamientos, mejor organización
Mantenimiento regular de tijeras (lubricación, cambio de cuchillas)	Variable (depende de insumos como lubricantes, cuchillas)	Cortes más precisos, menos fatiga para los trabajadores
Capacitar para contar los tallos mientras se cortan	Capacitación (realizado por la empresa)	Ahorro de tiempo, mejor control
Capacitación sobre el desyeme a tiempo	Capacitación (realizado por la empresa)	Ahorro de tiempo, mejora en el enmallado
Asignar tareas útiles durante la espera	\$0 (instrucciones internas)	Aprovechamiento del tiempo, aumento de eficiencia
Sistema de Control de Tiempos de Tractores	\$0 (realizado por la empresa)	Mejor control de tiempos
Redistribución del Personal	Capacitación para nuevas áreas (realizado por la empresa)	Costos distribuidos a áreas con presupuesto disponible. Evitar contratación de personal en áreas de mucha rotación.