



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA ACADÉMICO DE DOCTORADO EN
ADMINISTRACIÓN**

**Modelo Six Sigma y su impacto en la productividad de una
empresa exportadora de banano orgánico, Chepén 2022**

AUTOR:

Cruz Salinas, Luis Edgardo (orcid.org/0000-0002-3856-3146)

ASESOR:

Dr. Marquez Yauri, Heyner Yuliano (orcid.org/0000-0002-1825-9542)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelos de Herramientas Gerenciales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi familia, quienes me apoyaron de
en todo momento para la culminación
de este objetivo

Agradecimiento

A Dios, por guiarme en el camino de la vida.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación:.....	11
3.2. Variables y operacionalización:	11
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimiento.....	12
3.6. Método de análisis de datos	14
3.7. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN.....	48
VI. CONCLUSIONES	55
VII. RECOMENDACIONES	56
VIII. PROPUESTA.....	57
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Productividad de mano de obra inicial	15
Tabla 2. Productividad de materia prima inicial	16
Tabla 3. Índice combinado de productividad inicial	17
Tabla 4. Voz del cliente	18
Tabla 5. Marco del proyecto six sigma	19
Tabla 6. Porcentaje de contibución de variabilidad	20
Tabla 7. Evaluación del sistema de medición.....	21
Tabla 8. Defectos por millón de oportunidades	24
Tabla 9. Categorización de las causas.....	26
Tabla 10. Correlación de Spearman entre calibración y productividad	27
Tabla 11. Correlación del modelo de regresión lineal de la calibración y productividad	28
Tabla 12. Resumen del modelo de regresión lineal de las variables calibración y productividad	29
Tabla 13. Niveles de significancia de las variables	30
Tabla 14. Niveles de significancia del nuevo modelo de regresión lineal	31
Tabla 15. Resumen del nuevo modelo de regresión lineal.....	32
Tabla 16. Validación del modelo de regresión lineal	33
Tabla 17. Diseño factorial 3^2	34
Tabla 18. Análisis de la varianza del diseño factorial 3^2	35
Tabla 19. Resumen del diseño factorial 3^2	36
Tabla 20. Soluciones del resto de causas que afectan la productividad	39
Tabla 21. Defectos por millón de oportunidades	40

Tabla 22. Productividad de mano de obra final	42
Tabla 23. Productividad de materia prima final	43
Tabla 24. Índice combinado de productividad final.....	44
Tabla 25. Comparación de los indicadores de productividad	45
Tabla 26. Prueba de normalidad	46
Tabla 27. Prueba t student de muestras emparejadas.....	47

Índice de figuras

Figura 1. Capacidad del proceso de calibración.....	22
Figura 2. Gráficos de control X y R	23
Figura 3. Diagrama de Ishikawa.....	25
Figura 4. Optimización del modelo de diseño factorial	37
Figura 5. Capacidad del proceso mejorado.....	38
Figura 6. Gráficas de control del proceso mejorado.....	41

Resumen

Se demostró la importancia de la aplicación de un modelo six sigma en una empresa exportadora de banano orgánico. El objetivo principal fue determinar el impacto en la productividad por la aplicación de la metodología. El estudio fue aplicado, pre experimental, con un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. Se implementaron las cinco fases del modelo. La población estuvo conformada por los registros de la productividad agrupada en semanas durante ocho meses: de julio a octubre de 2021 y de marzo a junio del 2022, es decir cuatro meses antes y cuatro meses después de la aplicación de la mejora. Las técnicas empleadas en la recolección de la información fueron la observación, el análisis documental. Se llegó a la conclusión que la aplicación de la mejora tuvo un impacto positivo en la productividad, quedando evidenciado con el incremento de 24.7 %. Se aplicó la prueba t student para realizar la contrastación de la hipótesis, obteniéndose un nivel de significancia de 0.001.

Palabras clave: productividad, seis sigma, six sigma, variabilidad

Abstract

The importance of the application of a six sigma model in an organic banana exporting company was demonstrated. The main objective was to determine the impact on productivity of the application of the methodology. The study was applied, pre-experimental, with a quantitative approach and an explanatory level. The five phases of the model were implemented. The population consisted of productivity records grouped in weeks during eight months: from July to October 2021 and from March to June 2022, i.e. four months before and four months after the application of the improvement. The techniques used in the collection of information were observation and documentary analysis. It was concluded that the application of the improvement had a positive impact on productivity, as evidenced by an increase of 24.7%. The t student test was applied to test the hypothesis, obtaining a significance level of 0.001

Key words: productivity, six sigma, six sigma, variability

I. INTRODUCCIÓN

El banano es considerado como uno de los principales frutos tropicales en el mundo, abunda en Latinoamérica, especialmente en Ecuador. En el Perú se cultiva 160 mil hectáreas de plátano y banano. El 70 %, se concentra en la Amazonía. Desde hace dos décadas, en el país la producción se ha ido incrementado, convirtiéndose en uno de los principales exportadores, mejorando la calidad de vida de los productores. Los bananos peruanos tienen como objetivo 15 países (Ministerio de agricultura y riego, 2020). Los destinos más importantes son Estados Unidos, los Países Bajos, Alemania, Bélgica, Corea del Sur, Finlandia y Japón.

En la industria del banano, el acceso a los mercados es muy concentrado, al igual que la producción y los beneficios económicos. Resulta muy complicado para los pequeños productores y trabajadores, debido a las condiciones difíciles de trabajo y vida. A eso se suma pérdidas por descarte de banano, como consecuencia de maduración prematura, manipuleo, daños mecánicos, deformidades, plagas, entre otros. En otros casos, los bananos no son aptos para la exportación al no cumplir con los parámetros de calidad exigidos por los clientes, terminado en mercados locales, o vendidos como subproducto, afectando la productividad de las empresas (Vásquez et al.,2019).

El Perú no es ajeno a esa problemática, sumado a la falta de conocimiento en mejora de procesos, el escaso acceso a nuevas tecnologías impide a la producción bananera nacional y local incrementar sus índices productivos y ser más competitivos a nivel internacional. Los principales productores son pequeños agricultores, que muchas veces se han organizado en asociaciones para poder exportar, en ellos se evidencia baja productividad, altos costos de producción e inadecuados métodos de trabajo.

Los clientes más exigentes y la globalización, han contribuido a la implantación de herramientas y metodologías de mejora continua por parte de las empresas, buscando la reducción de costos, incremento de la productividad, haciéndolas más eficientes y competitivas (Dubé et al., 2017). Six sigma es una metodología de mejora que tiene como finalidad la reducción de los costos, el

aumento de la productividad, al disminuir la cantidad de los productos defectuosos y la variabilidad de los procesos (Sharma, Shani y Sharma, 2019). Asimismo busca satisfacer los requerimientos y necesidades del cliente con productos y procesos perfectos. Esto trae beneficio a las organizaciones, reflejándose en el aumento de la productividad, disminución costos, satisfacción de consumidores y empleados (Deniz y Çimen, 2018).

Al norte de la Región La Libertad, en la provincia de Chepén existen asociaciones que agrupan a productores de banano con el fin de exportan sus productos a diversos países. La empresa en estudio está en pleno crecimiento, presenta una producción mensual de 9 mil cajas en promedio, su producto orgánico tiene acogida en el mercado internacional, pero no aprovecha sus recursos de manera eficiente, los procesos y el producto varían constantemente, se ejecutan métodos de trabajo inadecuados, a esto hay que sumarle el incorrecto control de calidad.

De continuar esta situación, la productividad disminuirá, la organización será menos competitiva, llegando inclusive a generar pérdidas. Es por eso que es necesario tomar medidas correctivas que le permita mejorar de manera continua. El problema que se ha formulado en esta investigación es: ¿En qué medida la aplicación del modelo six sigma incide en la productividad de una empresa exportadora de banano orgánico?

Este proyecto se justifica socialmente porque aporta técnicas de mejoras en los procesos de producción. Se justifica de manera práctica porque buscó mejorar la productividad y disminuir la variabilidad de los procesos en la empresa exportadora de banano orgánico. Metodológicamente la investigación se justificó porque se realizó con el propósito de aportar un modelo de mejora en base a la metodología six sigma para las organizaciones exportadoras de banano orgánico.

El objetivo general que se formula es: Determinar la incidencia del modelo six sigma en la productividad de una empresa exportadora de banano orgánico. Los objetivos específicos que ayudarán en el cumplimiento del objetivo general son: medir la productividad antes de la aplicación del modelo six sigma, como

segundo objetivo, aplicar el modelo six sigma en los procesos de la empresa, como tercer objetivo, determinar la incidencia del modelo six sigma en la productividad y como último objetivo diseñar a nivel de propuesta de mejora un modelo six Sigma para empresas exportadoras de banano orgánico.

La hipótesis planteada es: la implementación del modelo six sigma incrementa la productividad en una empresa exportadora de banano orgánico.

II. MARCO TEÓRICO

En la indagación de trabajos anteriores se encontró a Arrega (2020), basó su investigación en el diseño de un modelo six sigma con el fin de optimizar el proceso de producción de la empresa bananera Marisbell S.A. Ecuador. Se planteó como objetivo la disminución de los defectos en el proceso de producción mediante el diseño de un modelo six sigma. Contó con un diseño de investigación descriptivo, cuantitativo. El instrumento fue un cuestionario que se aplicó a los trabajadores de la organización, además se implementaron las diversas etapas de la metodología. Los principales problemas se concentraron en las actividades de etiquetado, empaçado y transporte por cable. El modelo propuesto mejoró la productividad en un 12.13%.

Del mismo modo se tiene a Espejo (2018), y su tesis doctoral sobre la implementación de six sigma y la productividad en una PYME. Perú. Buscó determinar la influencia de la metodología en la productividad a través de una investigación pre experimental. La información de producción recolectada durante tres meses agrupada en forma semanal resultó en la población y muestra. La prueba de hipótesis se ejecutó con el programa SPSS. Como resultado de la investigación se obtuvo que six sigma influyó de manera positiva en la productividad, logrando un incremento de 22.87% y el nivel sigma aumentó de 2.09 a 3.00.

Asimismo, a Aguirre (2107) en su investigación six sigma para la optimización de la productividad de las maquinarias y equipos diversos de la empresa Remap S.A. Huancayo. Se planteó como objetivo optimizar la productividad de las maquinarias y equipos. Utilizó las cinco fases de la metodología con sus respectivos indicadores. En el diagnóstico se encontró 417 mil 500 DPMO o 1.708 de nivel sigma. El tipo de la investigación fue aplicado y el diseño pre experimental. La población en del estudio estuvo formada 49 mil 997 órdenes de trabajo y la muestra por 400 órdenes de trabajo. Como conclusión se determinó que el nivel sigma aumentó a 17 mil 500 los defectos por millón de oportunidades (DPMO) o 3.592 de nivel Sigma.

Igualmente, Matzunaga (2017) realizó la investigación sobre la implementación de un sistema de mejora de la productividad en una línea de fileteado y envasado de conservas mediante la metodología six sigma. El objetivo general fue mejorar la productividad de la institución, mediante una investigación experimental con población formada por los datos del proceso de producción. Se aplicaron diversas herramientas en las cinco fases de la metodología. La entrevista, la observación y la revisión fueron las técnicas empleadas en la recolección de información. Como resultado, el nivel DPMO disminuyó en 63%, la productividad se incrementó en 8.37%.

Muhammad et al. (2021), lograron una reducción de 50% en los desperdicios de una organización de bolsas de polipropileno, obteniendo ahorro considerable de costos. En la fase definir, se determinó la carta del proyecto, los requisitos del cliente, mapa del proceso, en medición: se identificó las áreas a mejorar, se categorizó, determinó las variables clave de salida y entrada del proceso. En la mejora, un diseño de experimentos de 4 factores y 2 niveles buscó la solución óptima. El seguimiento y control se monitoreó a través de las cartas de control. Como conclusión se mejoró la capacidad el proceso. El porcentaje de rechazo pasó de 2.27 % a 1.13 %.

Después de analizar algunos trabajos anteriores se pudo manifestar que el origen de six sigma se puede hallar en la estadística. Su denominación se genera en los modelados estadísticos de los procesos de manufactura, donde se espera obtengan 3.4 defectos o no conformidades en un millón de oportunidades. Se considera un defecto todo aquello que no se ajuste a las especificaciones del cliente. Una oportunidad es la probabilidad que ocurra ese defecto (Da Silva et al., 2019). En sus inicios, se utilizó para reducir la variación, pero con el tiempo se ha establecido como un método para la solución de problemas de cualquier tipo en organizaciones diversas. Es considerada una filosofía de mejora continua para aumentar la satisfacción del cliente, disminuyendo los costos e incrementar las utilidades. Además, se emplea para desarrollar nuevos productos (Peruchi et al., 2020).

Asimismo, six sigma se considera un resultado de los modelos clásicos de calidad y mejora continua, coge algunos elementos y los ordena de forma sistemática, generando una metodología mejorada y efectiva. Se sustenta en los siguientes principios: busca la satisfacción del cliente, utiliza proyectos de mejora, herramientas estadísticas, los resultados se pueden evaluar de manera operacional y financiera, genera compromiso, cambio de cultura en los integrantes de la organización. Por estas razones se ha implementado como estrategia para mejorar la productividad, rentabilidad y calidad del producto (Ankit et al. ,2021).

Según Safaa y Afrah (2021), manifiestan que six sigma presenta tres elementos de definición: 1. Medición. Tiene que ver con la cantidad de desvío que tiene el proceso. 2. Objetivo. Es lograr 3.4 desventajas por millón de oportunidades y 3. Filosofía. Que consiste en lograr una estrategia a largo plazo dirigida a disminuir los costos mediante el cambio de procesos y productos. Busca disminuir el desperdicio, aumentando la satisfacción del cliente por medio de la mejora de los procesos y productos, evitando la variación o sesgo. Un defecto se da cuando no se cumple con lo especificado por el cliente, en tanto la oportunidad es la posibilidad de que ocurra el defecto (Deniz y Çimen, 2018). El nivel sigma se determina mediante los DPMO cuyo objetivo es 3.4. Ha sido demostrado que la aplicación de esta metodología disminuye la variabilidad, mejorando la capacidad de proceso, productividad, además de otros beneficios como el trabajo en equipo mejora continua y competitividad (Rana y Kaushik, 2018). Es importante tener en claro que la metodología six sigma contiene un modelo estructurado y para su desarrollo se sigue las siguientes etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

En la etapa definir se establecen los objetivos de la mejora en base a los requerimientos del cliente. En el nivel estratégico está dada por los objetivos a largo plazo, buscando la fidelización del cliente, desarrollo de mercados. A nivel operacional busca incrementar la productividad o rendimiento del área de producción, disminuyendo la variabilidad de los procesos y producto (Sabeeh, 2021). Se identifican los principales problemas a través de la voz de los clientes, posteriormente se determinan los factores críticos de la calidad (CTQ), del mismo

modo, se establecen los roles del equipo, el alcance del proyecto y se declara el problema (Ng et al., 2016).

En la fase medir, se calcula por lo general, la magnitud del problema, catalogándose los resultados del proceso, identifican y especifican los factores que son críticos para la calidad. En esta etapa, se ubican las características a medir como la repetibilidad y reproducibilidad, que obtienen el grado de variación del sistema de medición, estableciéndose la capacidad del proceso, para verificar que tan capaz es el proceso para cumplir con el requerimiento del cliente, se mide la estabilidad, el nivel sigma, los defectos por millón de oportunidades, entre otras medidas (Rana y Kaushik, 2018).

El siguiente paso consiste es analizar e identificar las principales fuentes de variación, que puedan dominarse, para luego determinar las causas raíz de la problemática y las mejoras propuestas, generando las bases para el plan de mejora. Se busca reconocer los mayores orígenes de variación a través de una lluvia de ideas, que son agrupadas en categorías en el diagrama de Ishikawa. Otras herramientas empleadas en esta fase es la correlación, regresión lineal, etc. (Alnoor, 2020).

A continuación, se procede a la etapa de mejora, donde se llevan a cabo las soluciones para mejorar los procesos, disminuyendo su variabilidad e insertando los cambios planificados (Al-Abrow et al., 2020). La fase control constituye la última etapa de la metodología six sigma, donde se constata los resultados de la fase anterior. Se revisa la implementación dando origen a la retroalimentación en caso ocurran desviaciones (Rana y Kaushik, 2018).

La metodología Six Sigma se basa en un simple enfoque para la solución de los problemas que se refleja en la siguiente expresión: $y=f(x)$ donde “y” representa el efecto o salida y “x” es la entrada o la causa. Es en esencia la aplicación de un grupo de herramientas estadísticas, matemáticas y diversas fórmulas para disminuir la variación de los procesos, productos y la eliminación de los defectos. Se representa con la medida estadística de la desviación estándar. Hace uso de la estadística descriptiva e inferencial (Ananth y Varadaraj, 2019). De lo anterior se deduce el concepto de la capacidad de

proceso $C_p = (ES - EI) / 6\sigma$, donde “ES” representa el límite de especificación superior y “EI” el límite de especificación inferior. Se relaciona con la variación del proceso y la tolerancia del sistema. Cuando la capacidad del proceso resulta menor que 1 significa que el proceso no está cumpliendo con alcanzar las especificaciones (Ananth y Varadaraj, 2019).

En la identificación de causas que afectan el proceso, se emplea el diagrama de Ishikawa, conocido también como espina de pescado, frecuentemente utilizado en los proyectos de mejora (Smetkowska y Mrugalska, 2018). Las causas son ubicadas en las “espinas”, agrupadas en categorías y en la cabeza se considera el problema. Se recomienda seguir la siguiente secuencia: reunir a los colaboradores que estén involucrados con la problemática y proceso, establecer el problema con una lluvia de ideas, identificándose las causas y agrupándolas en categorías, por último, recopilar toda la información posible (Carvalho et al., 2021).

Para validar el proceso de medición se realiza el estudio de repetibilidad y reproducibilidad mediante un estudio Gauge R&R que evalúa la variación del sistema bajo condiciones estables. La repetibilidad determina la variación, utilizando los mismos operadores y piezas, en tanto la reproducibilidad evalúa la variación entre los mismos, permitiendo obtener datos de los procesos, detectando y aislando los productos defectuosos (Melgoza, 2021).

Sobre la correlación es importante mencionar que mide la tendencia de dos variables, permite predecir sus valores, por eso es una herramienta muy empleada en todos los ámbitos de la investigación ya que establece no solo la dirección y magnitud si no es base de los modelos de predicción (Roy-García et al., 2019). Si los Resultados obtenidos siguen una distribución normal, se emplea la correlación de Pearson en caso contrario la de Spearman. La primera describe de manera cuantitativa la fuerza y dirección de dos variables de distribución normal. La segunda, también llamada rho de Spearman es lo opuesto no paramétrico. Se emplea con datos numéricos de libre distribución (Flores, Miranda y Villasís, 2017).

Respecto al análisis de regresión lineal, se afirma que es una técnica estadística que permite conocer la relación existente entre dos a más variables, ajustado a un modelo matemático. El modelo más sencillo es el de la línea recta, se afirma que X es independiente, Y es considera la de respuesta. El indicador empleado para verificar la robustez es el coeficiente de determinación (R^2) que se espera sea mayor a 0.75 (Torres, Malta y Jara, 2021), mientras esté más próximo a 1.0 será más conveniente, ya que mide el grado de variabilidad de los datos. En este trabajo se empleó la regresión lineal simple y múltiple con el propósito de explicar la influencia de las variables en estudio.

Otra herramienta a utilizar es el diseño factorial de experimentos, que permite estudiar los impactos de varios factores en forma simultánea sobre una respuesta, es un método que logra comprobar resultados que se obtienen de los procesos en las organizaciones (Álvarez, 2018). Recurre al análisis de la varianza para determinar los factores de mayor influencia y sus efectos en cada interacción, además estos modelos son muy empleados en la agronomía (Pérez et al., 2021). Se buscó la mejor combinación entre la semana de desflore y cosecha, empleando un modelo 3^2 , de dos factores, tres niveles y tres repeticiones.

En lo referente a la productividad, se conoce como la relación existente entre la producción total y los recursos empleados para lograr dicha producción, en otras palabras, es la razón entre las salidas y las entradas. Mide la manera como se utilizan los recursos en la obtención de los productos para satisfacer las necesidades de los clientes. La mejora de la productividad se refleja en que se puede obtener mayor volumen de producción con los mismos o menos recursos (Fontalvo, De La Hoz y Morelos, 2018). También se define como la eficiencia en que se maneja la producción, su medida tiene que ver con las partes en que los recursos son utilizados y transformados en bienes o servicios, dicho de otra manera, es el cociente entre el nivel de producto y la porción de recursos usados (Aroche, 2018).

La productividad es un indicador que permite determinar la forma de cómo se están utilizando los recursos para lograr los objetivos propuestos. Los

recursos empleados pueden medirse en número de trabajadores, horas hombre, materia prima, horas máquina (Jacobs y Chase, 2018). El proceso de mejora de la productividad debe ser continuo ya que existe correlación fuerte entre este indicador y los modelos que modifican los métodos de trabajo (Jaimes, Luzardo, y Rojas. (2018). Se resume en la expresión siguiente:

$$Productividad = \frac{Producción}{Insumos\ empleados}$$

Según Render y Heizer (2017), la productividad puede medirse de manera parcial (por ejemplo, mano de obra, materia prima) o total. El indicador de la productividad de mano de obra es producción/horas-hombre, la de materia prima es producción/unidades de materia prima y la productividad total es la relación entre los resultados obtenidos y todos los insumos utilizados.

$$Productividad\ de\ mano\ de\ obra = \frac{Producción}{Mano\ de\ obra}$$

$$Productividad\ de\ materia\ prima = \frac{Producción}{Materia\ prima}$$

Por último, se considera la productividad multifactorial o índice combinado de la productividad como el cociente del valor total de la producción entre el valor de los recursos (Krajewski, Ritzman y Malhotra; 2013).

$$Productividad\ multifactorial = \frac{Producción}{\sum Insumos}$$

Este trabajo se fundamenta en la necesidad de conocer el efecto del tratamiento de una variable empleando un modelo de mejora, consiguiendo cambios al manipular la realidad, lo que genera el análisis de diferentes posiciones en la solución de problemas en el entorno del estudio, que se originan en el planteamiento del conocimiento empírico, con la utilidad del método científico, se pretende dar respuesta a las interrogantes, por lo que para la mayoría de las investigaciones, se tienen en cuenta las propuestas que se derivan de diferentes investigadores sobre teorías, que desde un enfoque integral y más focalizado, permitan comprender las causas de los sucesos sucedidos en su contexto, y entre

las propuestas se debe elegir las más adecuadas para lo que se desea demostrar. Esta metodología deductiva de contrastación de ideas es revelada por Popper (1934), manifiesta que cuando se presenta una idea nueva, inclusive si no está justificada, se debe conseguir conclusiones lógicas por medio de deducciones, para luego compararlas entre sí, con el objetivo de lograr las relaciones entre ellas (equivalencia, deducibilidad, compatibilidad o incompatibilidad), lo que contribuye a seleccionar de manera adecuada las teorías pertinentes en su cercanía a la realidad, lo que servirá para efectuar y fundamentar el planteamiento. La investigación se basa en la corriente epistemológica positivista, que es el fundamento de los estudios cuantitativos, tiene como fin disminuir la dinámica social a variables e indicadores, lo que se llama reduccionismo metodológico, aísla las causa y efectos, operacionaliza las relaciones teóricas y mide los fenómenos, lo que permite diseñar modelos de investigación que generalicen los resultados. Busca que la influencia de autor sea mínima, para lograr los objetivos se diseñan experimentos y se analizan estadísticamente los datos.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

3.1.1 Tipo de investigación:

Se empleó el tipo aplicado, porque se resolvió la problemática mediante el empleo de teorías que avalan la investigación, además persigue la producción de conocimiento en la solución de los problemas de la sociedad o el sector productivo. Se fundamenta en los hallazgos de la investigación básica (Hernández y Mendoza, 2018). El presente estudio busca aplicar teoría de la metodología six sigma para mejorar la productividad.

3.1.2 Diseño de investigación:

El diseño fue pre experimental porque hubo un estímulo a un grupo de análisis para verificar su efecto (Hernández y Mendoza, 2018). En la investigación se buscó determinar el impacto del modelo six sigma en la productividad.

G O₁ X O₂

G: Grupo de experimentación

X: Estímulo

O: Observación o medición de la variable dependiente

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Six Sigma

Definición conceptual: Es considerada una metodología de mejora continua que busca incrementar el valor de la empresa, mejorar la calidad, la satisfacción de los clientes, la disminución de los defectos y los costos (Sabri et al., 2018).

Definición operacional: Six sigma hace uso de la sub metodología DMAIC: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Esta variable se evaluó por las dimensiones capacidad de proceso y nivel sigma (Sabri et al., 2018).

Indicadores:

Capacidad de proceso

($C_p = \frac{ES - EI}{6\sigma}$),

Nivel Six Sigma

DPMO= DPO x 1000000

Escala de medición:

Razón

Variable dependiente: Productividad

Definición conceptual: La productividad es un indicador que permite determinar la forma de cómo se están utilizando los recursos para lograr los objetivos propuestos. Los recursos empleados pueden medirse en número de trabajadores, horas hombre, materia prima, horas máquina (Jacobs y Chase, 2018)

Definición operacional: Según Render y Heizer (2017), la productividad puede medirse de manera parcial (por ejemplo mano de obra, materia prima) o total.

Indicadores:

Productividad de mano de Obra= Cajas /H-H.

Productividad de materia prima=Cajas/kg materia prima

Escala de medición:

Razón

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población: Considerando lo afirmado por Hernández y Mendoza (2018), se define como población al grupo de personas u objetos de los que se desea conocer algunos aspectos para realizar un estudio. Para esta investigación, estuvo formada por los registros de la productividad de la empresa.

Criterios de inclusión: Entre los criterios de inclusión se consideró a los registros de la productividad de la organización de los años 2021 y 2022

Criterios de exclusión: Se excluye los registros de la productividad de los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, noviembre, diciembre de 2021 y enero, febrero, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre de 2022 por no ser parte del periodo de estudio.

3.3.2 Muestra: Formada por los registros de la productividad agrupada en semanas durante ocho meses: de julio a octubre de 2021 y de marzo a junio del 2022, es decir cuatro meses antes y cuatro meses después de la aplicación de la mejora.

3.3.3 Muestreo: Son los procedimientos, criterios y reglas que determina la manera de elegir a los miembros de la muestra. Para este estudio será no probabilístico por conveniencia, porque se seleccionan a los elementos próximos, antes y después de aplicar la mejora.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleó las técnicas de análisis documental y observación lo que permitió recopilar la información de la variable independiente, con el instrumento ficha de registro de la productividad, recolectándose información de cuatros meses antes y cuatro meses después de la aplicación del modelo six sigma para posteriormente determinar su efecto.

3.5. Procedimientos

Paso1: Se realizaron las coordinaciones con los directivos de la empresa para poder realizar la investigación en sus instalaciones.

Paso 2: Se determinó la productividad inicial antes de la aplicación de la metodología six sigma.

Paso 3: Se ejecutaron las cinco fases de la metodología. En definir se estableció el problema y el procedimiento a seguir. En la etapa medir se halló la capacidad de proceso y el nivel sigma. En la fase analizar se determinó las causas que

generan los defectos. En mejorar se implementaron las herramientas. En la fase de control se adecuó el proceso de acuerdo a las mejoras, desarrolló nuevos procedimientos, estableció las cartas de control para el monitoreo.

Paso 4: Se utilizaron las fichas de registro de la productividad para obtener el indicador y compararlo con el inicial.

3.6 Método de análisis de datos

El método empleado, luego de recolectar la información fue el descriptivo que permitió organizarla, analizarla en tablas y figuras para procesarla en el software Microsoft Excel. Por otro lado, se hizo uso de la estadística inferencial para realizar la contratación de la hipótesis en el programa SPSS, finalizando con la prueba de normalidad y t student.

3.7 Aspectos éticos

El estudio contiene información estrictamente de la organización, previo permiso, con el fin de poder recolectarla de manera real y auténtica, para ello se desarrolló la investigación con ética profesional, veracidad y confiabilidad, además no fue cambiada ni adulterada, además consideró la ética moral y los valores, cumpliendo lo dispuesto por la Universidad César Vallejo en la normativa de investigaciones. La información está debidamente referenciada, tenido como base el estilo APA.

IV.RESULTADOS

Productividad inicial

Para el cálculo de la productividad se tuvo en cuenta cajas de 80 unidades, peso de 19.7 a 20 kilos. La materia prima se consideró los bananos cosechados y para la mano de obra los colaboradores calificados.

Tabla 1.
Productividad de mano de obra inicial semanal (Meses julio-octubre 2021)

Semana	Producción (Cajas)	Mano de obra (Trabajadores)	Productividad (Cajas/Trabajador)
1	2200	70	31.43
2	2300	70	32.86
3	2400	70	34.29
4	2300	70	32.86
5	2200	70	31.43
6	2200	70	31.43
7	2100	70	30.00
8	2300	70	32.86
9	2400	70	34.29
10	2100	70	30.00
11	2000	70	28.57
12	2300	70	32.86
13	2200	70	31.43
14	2400	70	34.29
15	2200	70	31.43
16	2300	70	32.86
Promedio	2244	70	32.05

Nota. Datos departamento de producción

Se observa que por cada trabajador se produce 32.05 Cajas de banano semanal en promedio.

Tabla 2
Productividad de materia prima inicial semanal (Meses julio-octubre 2021)

Semana	Producción (Cajas)	Materia prima (kilogramos)	Productividad (Cajas/kilogramos)
1	2200	3000	0.73
2	2300	3200	0.72
3	2400	3450	0.70
4	2300	3300	0.70
5	2200	3000	0.73
6	2200	3000	0.73
7	2100	2900	0.72
8	2300	3200	0.72
9	2400	3250	0.74
10	2100	2950	0.71
11	2000	2800	0.71
12	2300	3200	0.72
13	2200	3100	0.71
14	2400	3350	0.72
15	2200	3100	0.71
16	2300	3250	0.71
Promedio	2244	3128	0.72

Nota. Datos departamento de producción

Se verifica que por cada kilogramo de materia prima se produce 0.72 Cajas de banano semanal en promedio.

Tabla 3

Índice combinado de productividad inicial (Meses julio-octubre 2021)

Semana	Índice combinado de productividad (cajas/soles)
1	0.096
2	0.100
3	0.103
4	0.099
5	0.096
6	0.096
7	0.092
8	0.100
9	0.104
10	0.092
11	0.088
12	0.100
13	0.096
14	0.104
15	0.096
16	0.100
Promedio	0.097

Nota. Datos departamento de producción

Se observa que por cada sol invertido en mano de obra y materia prima se produce 0.097 cajas de banano semanal promedio.

Modelo Six Sigma

Fase Definir

Tabla 4.

Voz del cliente

Características	Objetivo	Especificaciones
Calibración	42.5 mm	39-46 mm
Clúster	5 dedos	4-7 dedos
Longitud	7.7 pulg.	7.5-8 pulg.
Peso	19.85 kg	19.70-20 kg
Etiquetas	>2 etiquetas por clúster.	
Sanidad de la fruta	No tener mal formaciones de los dedos, rayas, manchas negras.	
Limpieza	No contener insectos, hongos y pedúnculos.	
Crema de la fruta	Blanco y consistente.	

Nota. Requerimiento de clientes.

La especificación más importante requerida por el cliente es la calibración del banano, en un rango de 39 a 46 milímetros, como se muestra en la tabla anterior.

Tabla 5

Marco del proyecto six sigma

Marco del proyecto six sigma			
Propósito:	Mejorar la productividad de mano de obra y materia prima		
Necesidades de la empresa a ser atendidas:	Eliminar los desperdicios en el proceso de producción, disminuir la variabilidad del producto y procesos		
Declaración del problema:	El 42% de los productos no cumple con los requerimientos del cliente, y los recursos no son utilizados de manera eficiente		
Objetivo:	Aumentar la productividad en 15 % como mínimo Disminuir la variabilidad y aumentar el nivel sigma.		
Alcance:	Todo el proceso de producción.		
Equipo de trabajo:	Participantes	Rol del equipo	Dedicación
	Luis Cruz Salinas		100%
Métricas:	Variación en la calibración, PPM, DPMO y nivel sigma.		

Nota. Datos departamento de producción

Como problema principal se verifica que el 42% de los productos no cumplen con los requerimientos de los clientes.

Fase Medir

Estudio de repetibilidad y reproducibilidad

Se evaluó el sistema de medición. La prueba se realizó con tres operarios, diez bananos y dos réplicas, dando un total de 60 mediciones

Tabla 6

Porcentaje de contribución de variabilidad

Fuente	Componentes de la Varianza	%Contribución (de los componentes de la Varianza)
Gage R&R total	0.0702	0.20
Repetibilidad	0.0146	0.04
Reproducibilidad	0.0557	0.16
Operador	0.0000	0.00
Operador*Parte	0.0557	0.16
Parte a parte	34.3268	99.80
Variación total	34.3970	100.00

Nota. Minitab 20.3

Se observa que el R&R total es de 0.2%, menor de 10%, quiere decir que hay repetibilidad y reproducibilidad de los datos por parte del personal y del instrumento usado respectivamente. El parte a parte resultó en 99.8%, es decir la mayor variación del proceso se debe a diferencias entre las partes.

Tabla 7

Evaluación del sistema de medición

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 × DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.26502	1.5901	4.52
Repetibilidad	0.12065	0.7239	2.06
Reproducibilidad	0.23597	1.4158	4.02
Operador	0.00000	0.0000	0.00
Operador*Parte	0.23597	1.4158	4.02
Parte a parte	5.85891	35.1534	99.90
Variación total	5.86490	35.1894	100.00

Nota. Minitab 20.3

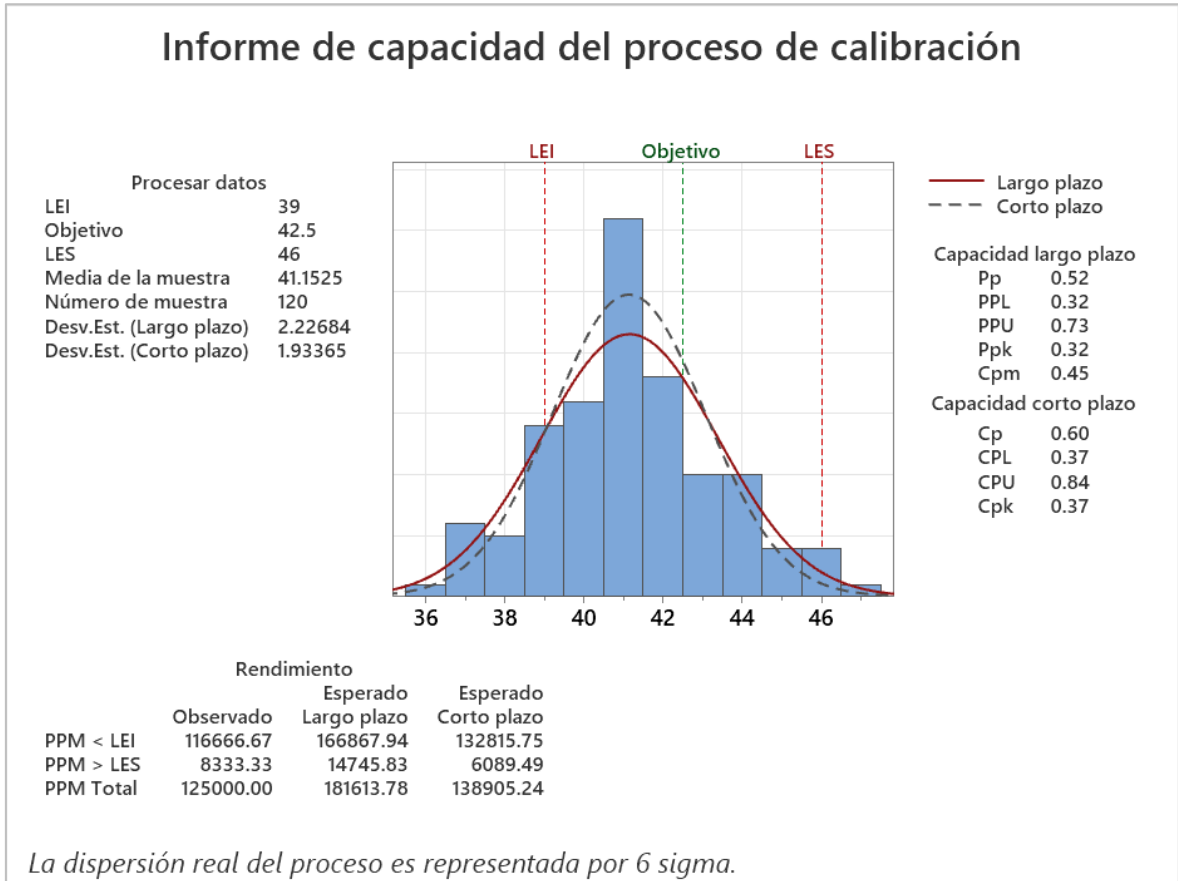
El porcentaje de variación del R&R total es de 4.52%, debajo de 30%, lo cual es aceptable. El parte a parte es 99.9%, representa la habilidad del sistema de medición para diferenciar entre las partes. Se puede concluir que el sistema de medición es confiable.

Capacidad del proceso

Con los datos recolectados se procedió a calcular la capacidad del proceso

Figura 1

Capacidad del proceso de calibración



Nota. Reporte de Minitab 20.3

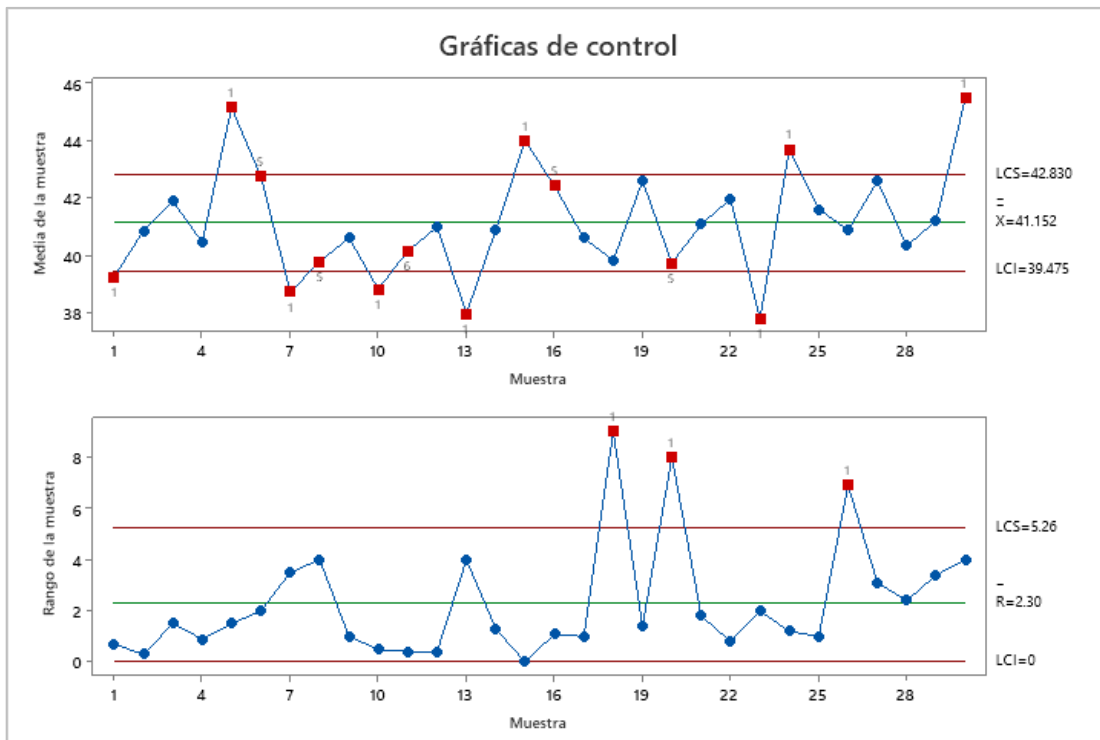
La capacidad del proceso $C_p=0.60$, menor que 1, indica que no es capaz de cumplir con los requerimientos del cliente. Gran cantidad de calibres se encuentran debajo de las especificaciones y otros por encima. Además, el proceso se encuentra descentrado.

Estabilidad del proceso

Se procedió a la creación de los gráficos de control X y R con 30 muestras de 4 elementos.

Figura 2

Gráficos de control X y R



Nota. Reporte de Minitab 20.3

El proceso es inestable, 14 de las 30 muestras se encuentran fuera de los límites de control

Nivel sigma

Tabla 8

Defectos por millón de oportunidades

Número de bananos inspeccionados (U)	600
Número de bananos con defectos (D)	380
Oportunidades (O)	8
DPMO	79167
Nivel Sigma	2.9

Nota. Datos departamento de producción

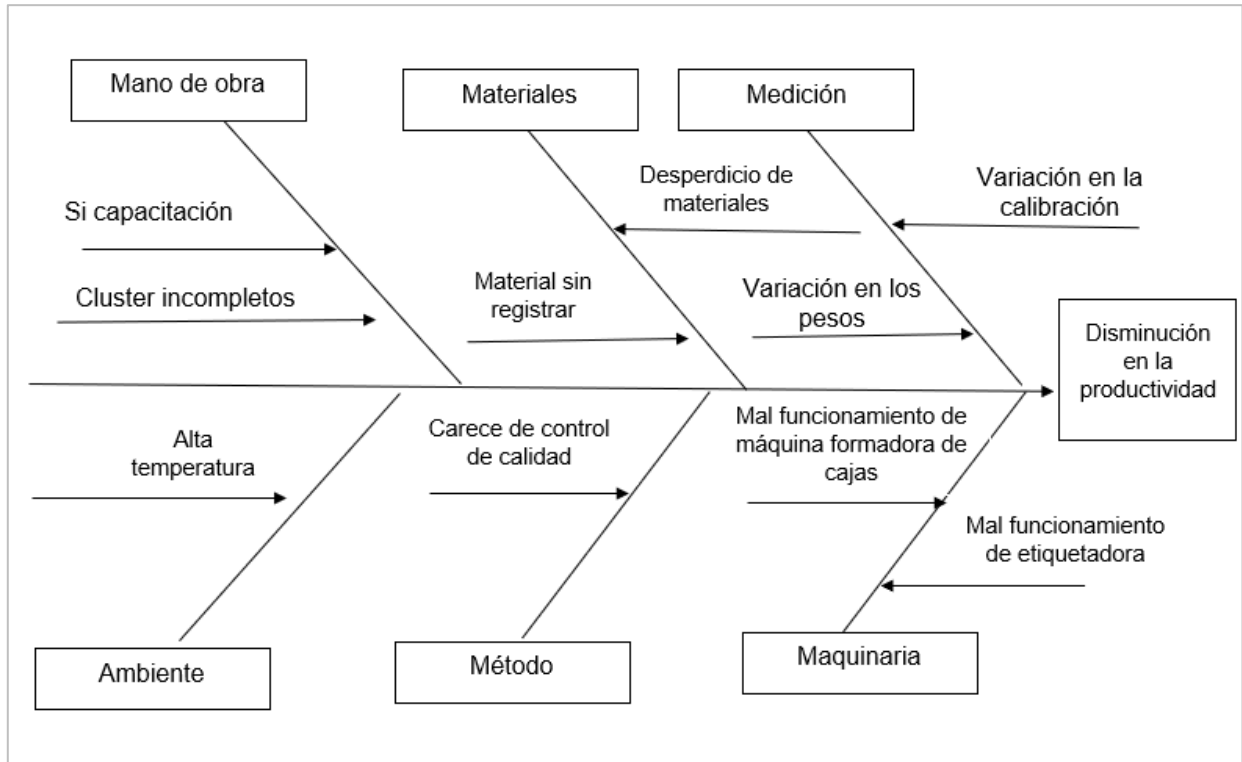
Significa que se encontró 79167 defectos por millón de bananos producidos alcanzando un nivel sigma de 2.9

Fase analizar

Se observó las causas que tiene efecto en la disminución de la productividad

Figura 3

Diagrama de Ishikawa



Se procedió a la categorización de las causas mediante el criterio de Pareto

Tabla 9
Categorización de las causas

Causas	Frecuencia	%	% Acumulado
Variación en la calibración	180	37%	37%
Variación en los pesos de cajas	160	33%	69%
Desperdicio de materiales	50	10%	80%
Clústeres incompletos	40	8%	88%
Personal sin capacitación	20	4%	92%
Material sin registrar	15	3%	95%
Mal funcionamiento de la máquina formadora de cajas	10	2%	97%
Mal funcionamiento de etiquetadora	5	1%	98%
Carece de control de calidad	5	1%	99%
Alta temperatura en el ambiente	5	1%	100%

Se observa que las principales causas que influyen en la disminución de la productividad son la variación en la calibración, la variación de los pesos de cajas y en menos medida el desperdicio de los materiales.

Se buscó establecer la influencia entre las variables calibración y productividad, determinándose primero su correlación y luego la regresión lineal.

Tabla 10
Correlación de Spearman entre calibración y productividad

		Calibración	Productividad
Rho de Spearman	Calibración	Coeficiente de correlación	1.000
		Sig. (bilateral)	.785**
		N	.< .001
		N	16
	Productividad	Coeficiente de correlación	.785**
		Sig. (bilateral)	<.001
		N	16

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Nota. Reporte software SPSS 28.0

El índice de correlación de Spearman fue de 0.785, lo que significa que existe una correlación alta entre la calibración y productividad

Los coeficientes que determinan el modelo se presentan en la siguiente tabla

Tabla 11
Coeficiente del modelo de regresión lineal de la calibración y productividad

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
1 (Constante)	.033	.014		2.332	.035
Calibración	.001	.000	.779	4.653	<.001

a. Variable dependiente: Productividad

Nota. Reporte software SPSS 28.0

El modelo de regresión lineal quedó establecido mediante la siguiente ecuación:

Productividad=0.033+0.01 calibración

El resumen del modelo de regresión lineal entre las variables calibración y productividad queda establecido en la siguiente tabla

Tabla 12

Resumen del modelo de regresión lineal de las variables calibración y productividad

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	.779 ^a	.607	.579	.00292

a. Predictores: (Constante), Calibración

Nota. Reporte software SPSS 28.0

El $R^2=0.607$, el 60.7% de la variación de la productividad es explicada por la variable calibración.

Luego se procedió a analizar las causas que generan la variabilidad en la calibración del banano: Semana de cosecha, semana de desflore y temperatura. Se procedió a ejecutar la regresión lineal múltiple

Tabla 13

Niveles de significancia de las variables

	Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	7.280	6.118		1.190	.248
	SemanaCosecha (X1)	2.804	.688	.583	4.077	<.001
	SemanaDesflore (X2)	.578	.202	.411	2.863	.010
	Temperatura(X3)	-.039	.047	-.038	-.829	.417

Nota. Reporte software SPSS 28.0

Para un nivel de significancia de 5%, la variable temperatura no es significativa para el modelo, por lo que se descarta

El nuevo modelo de regresión lineal quedó establecido de la siguiente manera

Tabla 14

Niveles de significancia del nuevo modelo de regresión lineal

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
1 (Constante)	5.607	5.732		.978	.339
SemanaCosecha	2.904	.672	.603	4.321	<.001
SemanaDesflore	.546	.197	.388	2.776	.011

Nota. Reporte software SPSS 28.0

El modelo de regresión lineal queda expresado por la expresión: Calibración = 5.607+2.904 SemanaCosecha+0.546 SemanaDesflore

El resumen del modelo es el siguiente

Tabla 15

Resumen del nuevo modelo de regresión lineal

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	.978 ^a	.957	.953	.65872	1.349

a. Predictores: (Constante), SemanaDesflore, SemanaCosecha

b. Variable dependiente: Calibración

Nota. Reporte software SPSS 28.0

El $R^2=0.957$, significa que el 95.7% de la variación de la calibración es explicada por las variables semana de desflore y semana de cosecha incluidas en el modelo lineal.

Se procedió a la validación del modelo de regresión lineal múltiple con las variables semana de desflore y semana de cosecha

H0: El modelo lineal no es válido (no es significativo) $p > 0.05$

H1: El modelo lineal es válido (es significativo) $p < 0.05$

Tabla 16

Validación del modelo de regresión lineal

	Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	204.781	2	102.391	235.971	<.001 ^b
	Residuo	9.112	21	.434		
	Total	213.893	23			

a. Variable dependiente: Calibración

b. Predictores: (Constante), SemanaDesflore, SemanaCosecha

Nota. Reporte software SPSS 28.0

El estadístico de prueba $F=235.971$ y $p=0.001 < 0.05$. A un nivel de significancia del 5% se afirmó que el modelo lineal es válido, es decir las variables semana de cosecha y semana de desflore influyen significativamente en la calibración.

Fase mejorar

Se elaboró un diseño de experimento factorial 3^2 con dos factores: semana de cosecha y semana de desflore, cada uno con tres niveles y tres réplicas.

Tabla 17

Diseño factorial 3^2

B: Desflore			
A: Cosecha	Mayor (7-12)	Regular (5-6)	Menor (3-4)
10	39- 38-38	43-43-42	47-46-46
11	38-38-38	42-42-43	46-45-46
12	38-37-36	41-41-42	45-45-45

Los resultados del diseño de experimento factorial fueron los siguientes:

Tabla 18

Análisis de la varianza del diseño factorial 3²

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	8	289.407	36.176	108.53	0.000
Lineal	4	289.259	72.315	216.94	0.000
Semana de cosecha	2	8.296	4.148	12.44	0.000
Semana de desflore	2	280.963	140.481	421.44	0.000
Interacciones de 2 términos	4	0.148	0.037	0.11	0.977
A*B	4	0.148	0.037	0.11	0.977
Error	18	6.000	0.333		
Total	26	295.407			

Nota. Reporte Minitab 20.3

Se verifica que para una significancia de 5%, $p < 0.05$, tanto la variable de cosecha y semana de desflore influyen en la calibración.

Se presenta a continuación el resumen del modelo factorial

Tabla 19

Resumen del diseño factorial 3²

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.577350	97.97%	97.07%	95.43%

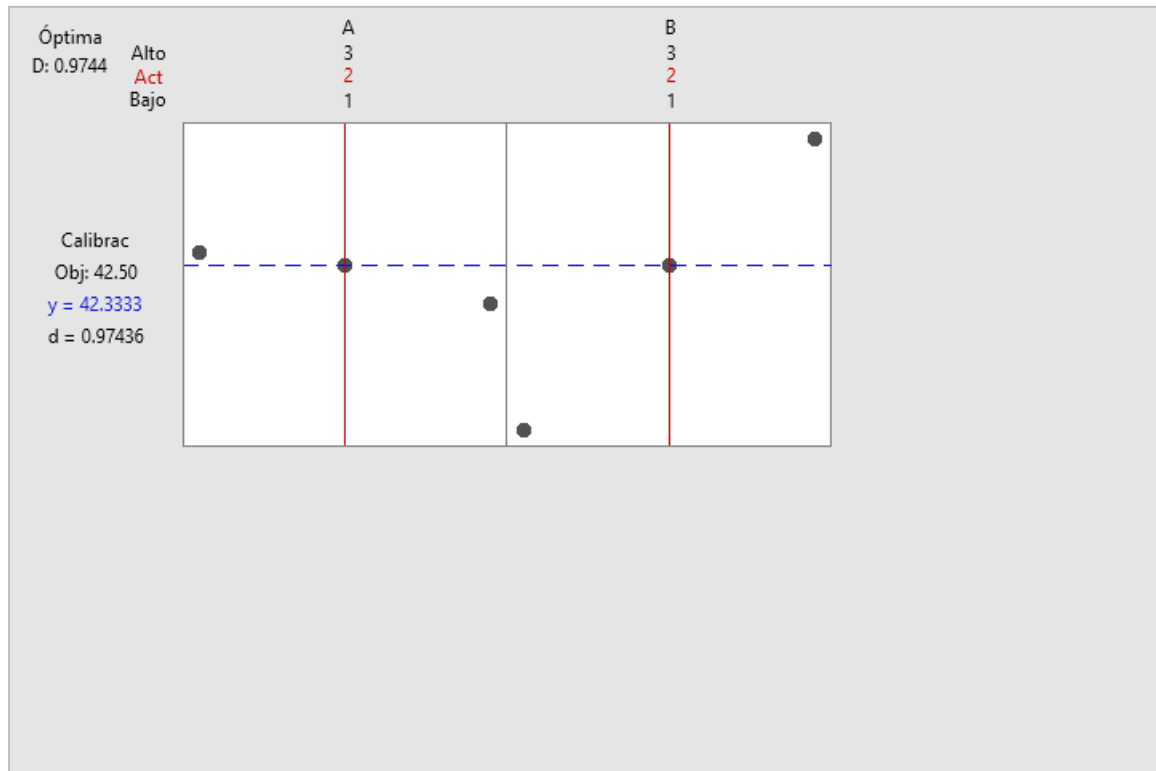
Nota. Reporte Minitab 20.3

Significa que la variación de la calibración es explicada en un 97.07 % por las variables semana de cosecha y semana de desflore

Se realizó la optimización del modelo de diseño factorial, obteniéndose los siguientes resultados

Figura 4

Optimización del modelo de diseño factorial

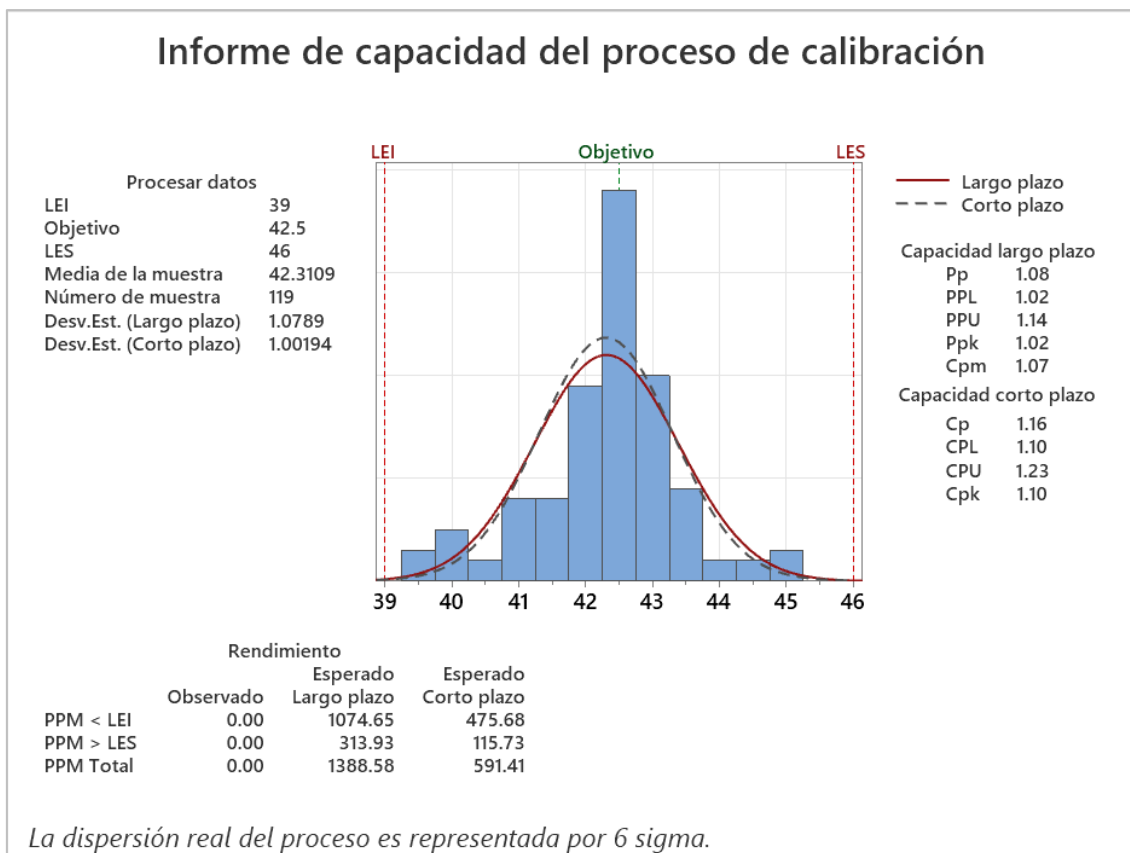


Nota. Reporte Minitab 20.3

Los valores óptimos para A=semana de cosecha =11 y para B= semana de desflore= regular (5-6) para obtener un calibre de 42.5 mm

Se procedió a utilizar los valores encontrados en el modelo óptimo en la producción de banano. Luego de 4 meses de seguimiento se obtuvo el índice de capacidad del proceso.

Figura 5
Capacidad del proceso mejorado



Nota. Reporte Minitab 20.3

La capacidad de proceso $C_p=1.16$, lo que significa que se encuentra en un nivel adecuado.

La variación en la calibración resultó la causa más importante que afecta la productividad. Mediante lluvia de ideas se encontró las razones y solución a las otras causas que de menos manera afectan la productividad.

Tabla 20

Soluciones del resto de causas que afecta la productividad

Causa	Razón	Solución
Peso inexacto de caja	La caja sellada para al pesado sin el peso exacto. Tiene que abrirse y regular el peso, ocasionando muchas veces aglomeración	La caja debe sellarse luego de tener el peso adecuado.
Desperdicio de materiales	Falta de control de materiales en el ingreso y salida de los mismos.	Supervisar el uso de los materiales, los sobrantes son ingresados al almacén. Se implementó registros de entradas y salidas de materiales.
Problemas con la máquina formadora de cartón.	Máquina en mal estado, detectándose una varilla rota en la parte inferior, disminuyendo la presión al realizar el pegado de la caja.	Cambio de varilla a la máquina formadora de caja de cartón.
Falta control de calidad	Pocas intervenciones de control de calidad	Se estableció un cronograma de intervenciones para el control de calidad del proceso

Nota. Lluvia de idea trabajadores

Finalmente se procedió al cálculo del nuevo nivel sigma

Tabla 21

Defectos por millón de oportunidades

Número de bananos inspeccionados (U)	600
Número de bananos con defectos (D)	49
Oportunidades (O)	8
DPMO	10208
Nivel Sigma	3.82

Nota. Datos departamento de producción

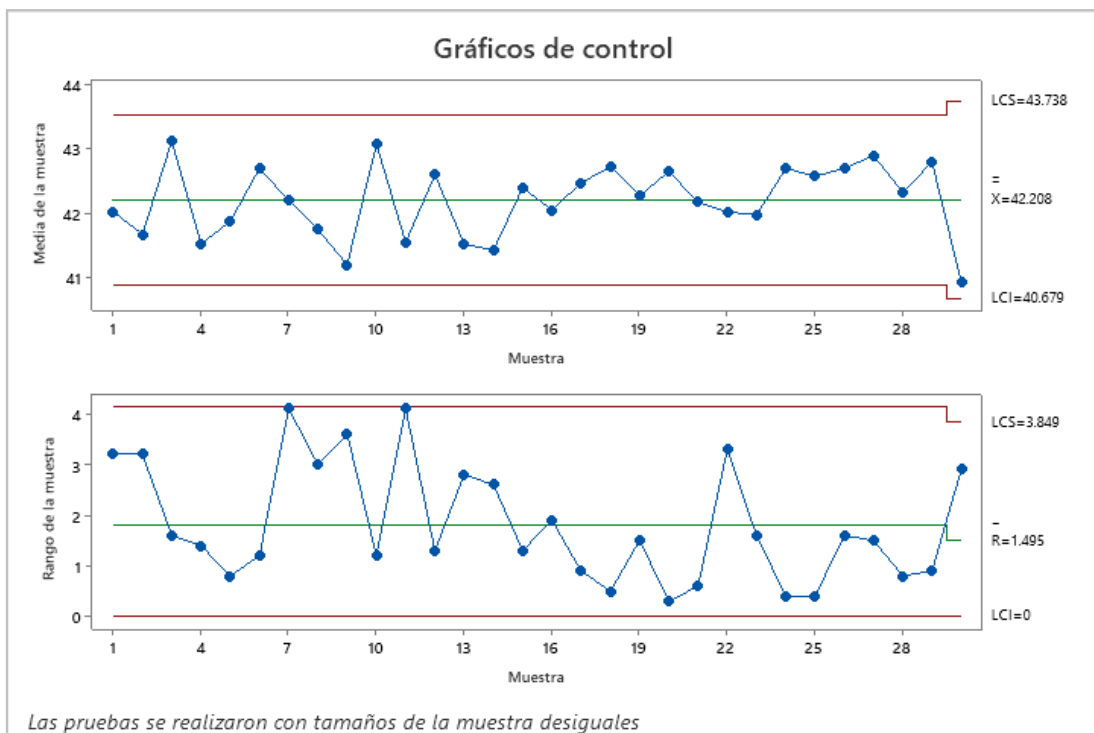
Significa que el nivel sigma mejoró, lográndose 10208 defectos por millón de bananos producidos alcanzando un nivel sigma de 3.82

Fase control

Se hizo seguimiento a las actividades ejecutadas por los colaboradores. Se emplearon gráficos de control y muestras de tamaño cuatro, tres veces al día como se muestra a continuación.

Figura 6

Gráficas de control del proceso mejorado



Nota. Reporte Minitab 20.3

Las observaciones se encuentran dentro de los límites de control, lo que significa que se están cumpliendo con las especificaciones establecidas.

Por último, se procedió al cálculo de los indicadores de productividad después de las mejoras

Productividad final

Tabla 22
Productividad de mano de obra final semanal (Meses marzo-junio 2022)

Semana	Producción (Cajas)	Mano de obra (Trabajadores)	Productividad (Cajas/Trabajador)
1	2500	70	35.71
2	2600	70	37.14
3	2550	70	36.43
4	2600	70	37.14
5	2650	70	37.86
6	2700	70	38.57
7	2700	70	38.57
8	2850	70	40.71
9	2875	70	41.07
10	2915	70	41.64
11	2950	70	42.14
12	3000	70	42.86
13	3000	70	42.86
14	3000	70	42.86
15	3200	70	45.71
16	3200	70	45.71
Promedio	2831	70	40.44

Nota. Datos departamento de producción

De la tabla anterior se observa que por cada trabajador se produce 40.44 Cajas de banano semanal en promedio.

Tabla 23

Productividad de materia prima final semanal (Meses marzo-junio 2022)

Semana	Producción (Cajas)	Materia prima (kilogramos)	Productividad (Cajas/kilogramos)
1	2500	3100	0.81
2	2600	3200	0.81
3	2550	3200	0.80
4	2600	3300	0.79
5	2650	3400	0.78
6	2700	3400	0.79
7	2700	3500	0.77
8	2850	3500	0.81
9	2875	3600	0.80
10	2915	3600	0.81
11	2950	3700	0.80
12	3000	3700	0.81
13	3000	3750	0.80
14	3000	3800	0.79
15	3200	3900	0.82
16	3200	3950	0.81
Promedio	2831	3537.50	0.80

Nota. Datos departamento de producción

De la tabla anterior se observa que por cada kilogramo de materia prima se produce 0.80 cajas de banano semanal en promedio.

Tabla 24

Índice combinado de productividad final (Meses marzo-junio 2022)

Semana	Índice combinado de productividad (cajas/soles)
1	0.109
2	0.113
3	0.110
4	0.112
5	0.114
6	0.116
7	0.116
8	0.122
9	0.123
10	0.125
11	0.126
12	0.128
13	0.128
14	0.128
15	0.136
16	0.136
Promedio	0.121

Nota. Datos departamento de producción

Se observa que por cada sol invertido en mano de obra y materia prima se produce 0.121 cajas de banano semanal promedio.

Tabla 25

Comparación de los indicadores de productividad

Factor	Antes	Después	Unidades
Productividad mano de obra	32.05	40.44	$\frac{\text{Cajas}}{\text{Trabajador}}$
Productividad de materia prima	0.72	0.80	$\frac{\text{Cajas}}{\text{kg}}$
Productividad combinada	0.097	0.121	$\frac{\text{Cajas}}{\text{S/}}$

Nota. Datos departamento de producción

Se verifica que la variación de la productividad resultó en 24.7 %.

Prueba de hipótesis

Prueba de normalidad

H0: La productividad de la empresa siguen una distribución normal

H1: La productividad de la empresa no sigue una distribución normal

Tabla 26

Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Pretest	.936	16	.305
PostTest	.932	16	.263

Nota. Reporte Software SPSS 28.0

La significancia $p > 0.05$, H0 no se rechaza, entonces los datos de la productividad siguen una distribución normal.

Prueba t student

H0: La aplicación del modelo six sigma no incrementa en la producción de la empresa

H1: La aplicación del modelo six sigma incrementa en la producción de la empresa

Tabla 27

Prueba t student de muestra emparejadas

		Diferencias emparejadas							Significación	
		Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	P de un factor	P de dos factores	
Media				Inferior	Superior					
Par	Pretest -	-.023750	.009963	.002491	-.029059	-.018441	-9.535	15	<.001	<.001
1	PostTest									

Nota. Reporte software SPSS 28.0

Se verifica que $p = 0.001$, menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula. Se concluye que la aplicación del modelo six sigma incrementa la productividad de la empresa.

V. DISCUSIÓN

Su pudo determinar que el impacto del modelo six sigma en la productividad se vio reflejado en un incremento de 24.7%, estos resultados se contraponen a los de Arrega (2020), quien logró un 12.13% en una empresa bananera de Ecuador, sus mejoras estuvieron enfocadas en las áreas de etiquetado y empaquetado, se deduce que faltó un enfoque integral. Del mismo modo se oponen a los de Matzunaga (2017), con 8.37% de aumento, se deduce que la variación es por la diferencia de los tipos de proceso de producción. Por otro lado, los resultados de Espejo (2018) resultan similares con 22.87%.

En todos los casos se confirma aumento de productividad, que es corroborado por Raman y Basavaraj (2019), quienes manifiestan que six sigma es una filosofía empresarial, agrega rentabilidad, mejora los indicadores productivos, de calidad, consolidando el trabajo en equipo. Asimismo, los resultados se ven fortalecidos por Saryanto, Purba, y Trimarjoko (2020), Raman y Basavajararaj (2018) al afirmar que las organizaciones mejoran sus procesos, eliminan las causas de los defectos, disminuyen la variabilidad, satisfacen las necesidades del cliente, aumentan la competitividad, mantienen y maximizan el éxito empresarial. Entonces se puede deducir que la productividad es un indicador de éxito en los negocios y su mejora conducirá a la competitividad empresarial (Maheshwari y Taparia, 2019).

Un modelo six sigma se puede aplicar en todas las organizaciones, tanto pequeñas como grandes y en diversos sectores como: manufactureros (Riddick, et al., 2016). Servicio, construcción (Karakhan, 2017), etc. Combina de manera integral diversas herramientas de mejora de la productividad, calidad, teoría de restricciones, Balance score card, entre otros (Gajbhiye, et al., 2017). Es muy ventajoso con respecto otros, porque se desarrolla de manera sistemática siguiendo las cinco etapas DMAIC (Trimarjoko et al., 2019), reduce la variabilidad del producto, la cantidad de defectuosos, conduciendo al aumento de la rentabilidad, productividad y satisfacción del cliente (Gandhi, et al., 2019; Syafwiratama, et al., 2017). Entonces se puede afirmar que tiene un metodología sistemática y estructurada, resultando ser adecuado para las organizaciones

actuales que buscan satisfacer al cliente, mejorar la productividad y rentabilidad (Jhon y Areshankar, 2018).

La aplicación del modelo se realizó en sus cinco etapas, lo que permitió identificar la problemática, plantear e implementar la solución, mejorando el proceso, la calidad y cumpliendo las especificaciones del cliente. Lo anterior se evidenció con la mejora del índice de capacidad (pasó de 0.6 a 1.16), el nivel sigma ascendió de 2.9 a 3.82, el DPMO disminuyó de 79167 a 10208, lo que asegura un proceso más estable. Estos resultados se confirman con Espejo (2018), Aguirre (2017), quienes lograron niveles sigma de 3.00 y 3.592 respectivamente. Asimismo, Rahman et al., (2018) en su trabajo, logró disminuir defectos como puntadas rotas y costuras abiertas en un 35 % y aumentar el nivel sigma de 1,7 a 3,4. Gupta et al. (2018) en una investigación en la India sobre neumáticos, obtuvo un aumento de este índice de 1.65 a 2.56. El indicador capacidad de proceso se utiliza para determina que tan capaz es el proceso para cumplir con las especificaciones del cliente (Purba y Aisyah,2017) y se conozca si se mantiene dentro de los límites que esperan o si es necesario controles adecuados.

Para alcanzar estos resultados se tuvo que implementar de manera eficiente diversos principios estadísticos y otras herramientas, que identificaron, analizaron y solucionaron los problemas de la organización (Navarro et al, 2017). De lo planteado por los anteriores autores, queda demostrado que el modelo mejora la calidad al incrementar el nivel sigma, lo que se verifica en la reducción de costos y mayor productividad, genera indicadores mensurables unido a herramientas estadísticas lo que aminora la variabilidad del producto, procesos, crece la capacidad repercutiendo de manera directa en la satisfacción del cliente, productividad, y sostenibilidad de la organización.

Se pudo determinar los indicadores iniciales de productividad, teniendo en cuenta la información de cuatro meses consolidada en semanas, la producción se estableció en cajas, la mano de obra en trabajadores, la materia prima en kilos, los resultados obtenidos de manera semanal en promedio fueron: 32.05 cajas /trabajador (mano de obra), 0.72 cajas/kilogramo (materia prima), 0.097 cajas/sol (índice combinado), estos valores sirvieron para la comparación final y comprobar

la hipótesis de investigación al tratarse el estudio con un diseño pre experimental. Estos resultados los corrobora Fontalvo et al., (2018) al manifestar que el recurso humano es un factor predominante en la productividad, porque ejecuta un papel vivo en las actividades de producción del negocio en provecho de lograr los objetivos empresariales. Por la importancia de este indicador, se hace necesario contar con herramientas de medida con el fin de que los directivos tengan la certeza y hagan los ajustes convenientes.

Respecto a la etapa definir, se determinó la voz del cliente con ocho requerimientos específicos: calibración, clúster, longitud, peso, número de etiquetas, sanidad, y limpieza, cada uno con su respectiva especificación, lo que permitió tener los objetivos claros antes de empezar el proyecto, involucrando a todas las partes interesadas. De igual forma, se definió el marco del proyecto, donde se destacó el propósito, las necesidades, declaración del problema, objetivo, alcance equipo de trabajo y la métrica a utilizar, dando la ruta de trabajo.

Sobre la etapa medir, permitió conocer de manera más detallada los procesos especificados en el alcance del proyecto, proporcionando información sobre la variabilidad, capacidad, nivel sigma y lo que espera el cliente. Se ejecutó un estudio de repetibilidad y reproducibilidad con el fin de verificar la confiabilidad del sistema de medición. Se determinó la capacidad el proceso inicial, resultando en 0.6, lo que indicó que no era capaz de cumplir con las especificaciones del cliente, además resultó estar descentrado. En lo que respecta a la estabilidad, las gráficas de control de media y rango, corroboraron la inestabilidad en casi 47%. En nivel sigma se estableció en 2.9 significando 79167 defectos por millón de oportunidades. Estos resultados permitieron realizar el análisis respectivo tomar las medidas correctivas adecuadas.

El resultado obtenido en la variación del modelo de repetibilidad y reproducibilidad fue de 4.52 %, la diferenciación entre las partes 93.80%, significa que el sistema de medición se encuentra bajo control y es capaz de diferenciar entre los elementos medidos. Estos resultados se confirman con los datos por Ozturkoglu et al. (2021) quienes después de mejorar la calibración en el proceso de iluminación de quirófanos, obtuvieron repetibilidad y reproducibilidad (%R&R) de

8,21%. Del mismo modo coinciden con los establecidos por Sharma y Sahni (2019), quien evaluaron el sistema un sistema de medición con un diseño de dos niveles y seis factores, el R&R total del calibre fue de 8.63 %, quiere decir que no hay una causa especial y los colaboradores presentan niveles similares de desempeño a pesar del diseño de piezas destructivas. Para el éxito de los estudios R&R es imprescindible la homogeneidad de los lotes (Bhakri y Belokar, 2017). Los hallazgos de la investigación refuerzan dicha afirmación, en caso contrario es posible que hubiera fracasado y los operadores no superarían la validación, por otro lado, ayudaron a conseguir información sobre la ejecución, desempeño de los procesos, hallazgo y aislamiento de productos defectuosos (Castañeda et al.,2019).

Respecto a la fase analizar se examinaron e interpretaron los resultados de la etapa anterior, comparando la situación encontrada con el historial. En esta parte se averiguó las causas generadoras de problemas, mediante el diagrama de Ishikawa, que permitió, sacar a la luz los factores que tienen efecto en la productividad, ordenando y categorizando de acuerdo a su importancia. Carvalho et al. (2021), avala lo anterior mencionado, al considerarla una herramienta eficaz en la disminución de una problemática principal, mediante una integración de causa efecto. Como resultado, la variación en la calibración de los bananos fue el principal elemento influyente. Se aplicó correlación, regresión lineal simple y múltiple, que permitió evaluar la influencia e importancia de las variables.

En la búsqueda de relación entre la calibración y productividad, se aplicó la prueba de Spearman, resultando en una correlación alta entre las variables de estudio, representado por un índice de 0.785, lo que permitió pasar al siguiente nivel y determinar los factores de variación de la calibración de banano. Los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad, por esa razón se desarrolló el método de Spearman que determinó el grado de asociación de las variables (García et al. 2019).

La aplicación de la regresión lineal simple estuvo enfocada en verificar la influencia de la calibración en la productividad, resultando un R^2 de 60.7%. De manera similar el modelo de regresión múltiple permitió identificar a la variable temperatura como no significativa, concluyendo que la semana de desflore y

semana de cosecha explican en un 95.7% la variación de la calibración del banano. Estos resultados los corrobora Carrasquilla et al. (2016) al modelar las variables de temperatura, luz, pH, etc., con el fin de determinar su influencia en el crecimiento de microalgas, lo que demuestra la utilidad de los modelos en el análisis del comportamiento de las variables de entrada y salida, fijando predicciones. En el presente estudio se utilizó para evaluar y descartar los factores de influencia.

Con relación a la fase de mejora, se planificó e implementó las soluciones que atacarán las causas raíces, encontradas en la fase analizar. Se precisaron las acciones para resolver el problema para lograr el objetivo de la investigación, empleándose una serie de herramientas. Se aplicó un modelo de diseño de experimentos con el objeto de conseguir las variables más influyentes en la calibración y el grado de explicación entre las mismas. La optimización fue el paso a seguir, se obtuvieron los valores adecuados y se desarrolló el plan de mejora.

Respecto a la aplicación del diseño factorial de dos factores, tres niveles, tres réplicas, se obtuvo un $R^2 = 97.07\%$, que confirma que la calibración de los bananos es explicada por las variables semana de cosecha y semana de desflore. El modelo fue optimizado, obteniéndose como resultado que la semana 11 es óptima para la cosecha, y las semanas 5, 6 para el desflore. Se había identificado que la falta de estandarización en los procedimientos de siembra y cosecha, generaban variabilidad en el producto lo que impulsó a determinar los mejores valores. Esta técnica factorial da ventaja al modelo six sigma en la identificación de los factores claves, en comparación con otras metodologías de mejora (Sharma, Sahni y Sharma, 2019). Del mismo modo Primanintyo et al. (2016), utilizaron un modelo de diseño de experimentos como metodología de mejora, logrando incrementar el nivel sigma de 3.10 a 4.01, en una empresa de Indonesia. Este resultado es reafirmado por Gerger y Firuzan (2016), que manifiestan que este enfoque aminora la variabilidad de los procesos.

Una vez que se logran los resultados, se tuvo que tener en cuenta de forma cuidadosa la implementación y el control (Sreedharan et al., 2019), debido que, si no se definen procedimientos adecuados de control y seguimiento, es posible que el proceso retorne a su estado de defecto inicial (Muraliraj et al., 2018). Es por esta

razón que en el proyecto se hizo hincapié en esta etapa con el diseño de gráficas, la mejora del seguimiento de las operaciones y la participación del equipo de trabajo. Se pudo concluir que el modelo siguió una metodología sistemática, estructurada que ayudó a mejorar el desenvolvimiento de la organización, la calidad, la satisfacción del cliente, la productividad y eliminar el desperdicio (Mohamad et al., 2019).

En cuanto a la estabilidad de las mejoras, a pesar de los notables avances logrados a corto plazo, quizá el rendimiento pueda disminuir. El proyecto no alcanzó el seis sigma, por lo que es posible que haya retroceso, siendo necesario acciones para la sostenibilidad. Por otro lado, se detectaron los factores generadores de la variabilidad de la calibración y se ejerció el debido control, para mantener a largo plazo la estabilidad, siendo poco probable que disminuya la capacidad o calidad del proceso.

Finalmente se calcularon los indicadores de productividad después de la aplicación del modelo: el de mano de obra se incrementó 26%, de materia prima 12% y el índice combinado 24.7%, lo que evidencia la efectividad de la metodología six sigma empleada. Se consiguió disminuir la variabilidad del proceso y del producto, los recursos son utilizados de manera más eficiente. Estos resultados favorables se debieron a la disminución en los desperdicios, al establecimiento óptimo de la semana de desflore y cosecha. Al conseguir aumentar la productividad, por las mejoras alcanzadas, los costos de producción disminuyen, permitiendo mejorar el precio de venta, alcanzando mayor competitividad. López (2016) corrobora lo anterior, cuando afirma que la mejora de calidad es un factor primordial que afecta la productividad, pues permite la reducción de los productos defectuosos, los reprocesos, desperdicios, devoluciones, etc., obteniendo un adecuado aprovechamiento de los recursos.

Como principal limitación del estudio fue el corto tiempo de su realización. Por ser una investigación experimental se requiere mayor seguimiento a las variables. Por lo que se sugiere una investigación con mayor temporalidad, añadiendo otros factores que repercutan en la variabilidad de los procesos y productividad. Además, en la implementación del modelo se tiene que tener en consideración algunos

factores críticos, como el compromiso de la dirección, que resulta fundamental para garantizar su éxito (Magodi, Daniyan y Mpofu, 2022). Es primordial que los directivos den origen a oportunidades para que los colaboradores empiecen los cambios. Otro factor es la capacitación, para conservar las mejoras e involucrar a los empleados en la solución de los problemas y, por último, la cultura organizacional, para entender, aceptar, hacer que la aplicación y práctica de six sigma forme parte de los procesos de la organización. Asimismo, se tiene que tener en cuenta que las soluciones six sigma deben examinarse en forma continua de la mano de capacitaciones de los trabajadores, lo que conlleva a la generación de costos que deben ser anexados en futuros análisis (Rathi et al., 2022).

Se puede concluir que la productividad es un importante indicador en las organizaciones que refleja el eficiente uso de los recursos y el éxito de una organización. El modelo six sigma (DMAIC) sigue un método estructurado que identifica, analiza las causas de los problemas, busca las oportunidades de mejora consiguiendo la estabilidad del proceso, mejorando la calidad del producto, disminuye la variabilidad, el número de defectos, reflejándose en el aumento de la rentabilidad y productividad (Barboza et al., 2017).

VI.CONCLUSIONES

1. Con la implementación del modelo six sigma se logró aumentar la productividad de la empresa exportadora de banano orgánico de 0.097 cajas/sol a 0.121 cajas/sol, lo que representa un incremento de 24.7 % con relación al estado inicial, lo que evidencia la efectividad de la mejora.
2. Respecto a la productividad inicial, el indicador de mano de obra se estableció en 32.05 cajas /trabajador, el de materia prima en 0.72 cajas/kilogramo, el índice combinado fue de 0.097 cajas/sol. Estos indicadores se encontraban debajo del promedio del sector, por lo que se planteó un modelo de mejora en base a la metodología six sigma.
3. En la aplicación de la mejora, se implementó el modelo con sus cinco fases. Se determinó que la variación en la calibración de los bananos es la principal causa que afecta la productividad, quedando explicada con 0.785 de correlación y un R^2 de 60.7%. en el análisis de la variación de la calibración se tuvieron en cuenta tres factores quedando descartada la temperatura. La regresión múltiple explicó con 95.7% la influencia de las variables semana de desflore y semana de cosecha en la calibración. El modelo de análisis factorial encontró como solución óptima la semana once para la cosecha, la cinco y seis para el desflore, lo que permitió estandarizar estos procedimientos de producción. Luego de las mejoras la capacidad del proceso fue 1.16 y el nivel sigma 3.82, lo que indica un proceso adecuado.
4. La productividad final mejoró respecto a la inicial, la de mano de obra fue 40.44 cajas /trabajador, la materia prima 0.80 cajas/kilogramo y el índice combinado se determinó en 0.121 cajas/sol.
5. En lo referente a la contratación de la hipótesis mediante la prueba de muestra emparejadas, el nivel de significancia fue de 0.001, menor que 0.05, concluyéndose que la aplicación del modelo six sigma incrementó la productividad.

VII. RECOMENDACIONES

Hacer seguimiento al modelo y a las mejoras implementadas, mediante los indicadores y gráficas establecidos, para tomar las medidas correctivas de ser caso, además implementar otras variables en el modelo six sigma, la regresión lineal, que permita hacer un mayor análisis, y encontrar otras posibles soluciones.

En el aspecto metodológico, ampliar el modelo agregando otros indicadores de productividad como energía, capital. Asimismo, aplicar en organizaciones de otros rubros. Por otro lado, se recomienda realizar otros estudios respecto a la estandarización de operaciones.

El modelo se basa en variables, dimensiones, indicadores que no sólo miden el nivel de competitividad y buen uso de recursos, sino que también puede ser aplicado en la elaboración de planes que busquen la mejora de la productividad por empresas del rubro.

VIII. PROPUESTA

“Modelo six sigma para empresa exportadoras de banano orgánico”

Descripción de la propuesta

Modelo de mejora que se fundamenta en la metodología six sigma y que sirva a las empresas exportadoras de banano orgánico o similares, para lograr minimizar la variabilidad de los productos y procesos, contribuyendo a disminución de costos, aumento de rentabilidad y productividad.

Denominación de la propuesta

“Modelo six sigma para empresa exportadoras de banano orgánico”

Fundamentación

Uno de los principales objetivos de las empresas en este mundo global, es satisfacer de mejor manera la cliente. Si bien es cierto que existe diversas metodologías de mejora de procesos, six sigma emplea herramientas estadísticas que se aplican en el desarrollo de productos o mejora de procesos de todo nivel, identificando y eliminando los defectos, fallas, disminuyendo la variabilidad, mediante una secuencia de fases desarrolladas de manera sistemática, mejorando de manera significativa la calidad. Es fundamental la identificación de los factores que afectan el cumplimiento de los requerimientos del cliente, medir los procesos, analizarlos, optimizarlos y mejorarlos, es por eso que se presenta un procedimiento para la aplicación del modelo six sigma, en una empresa exportadora de banano orgánico.

El presente plan responde al objetivo: diseñar un modelo six sigma para mejorar la productividad en una empresa exportadora de banano orgánico, para lo que se especificará las etapas con las herramientas a seguir para lograr el propósito planteado. La propuesta establece la solución de la problemática que está afectando el uso adecuado de los recursos, aborda los factores que generan variabilidad en los procesos con el fin de centrarlos y controlarlos.

El problema detectado que necesita mayor atención resultó ser la variabilidad en la calibración de los bananos, debido a la falta de procedimientos adecuados que

estandaricen los procedimientos de producción. El diseño de esta propuesta esboza una serie de etapas, con herramientas específicas que permitirán la eliminación de defectos, los desperdicios y variabilidad.

Objetivo

Diseñar un modelo six sigma para mejorar la productividad en una empresa exportadora de banano orgánico

Resultados concretos que se esperan alcanzar

- Disminución de los productos defectuosos
- Aumento de la capacidad de proceso
- Incremento del nivel sigma
- Mejora de la productividad

Desarrollo de la propuesta

El modelo está enfocado a la identificación, medición, análisis, mejora y control de variables que afectan la productividad, por lo que se consideran las siguientes etapas:

Definir

Se fijan las estrategias para el diagnóstico. Es necesario la participación de los colaboradores, que identificarán las causas que influyen en la disminución de la productividad, las cuales serán ponderadas y categorizadas. Además, en esta fase se definen los requerimientos del cliente y el marco del proyecto: propósito, necesidades a atender, declaración del problema, objetivo, alcance, equipo de trabajo y las métricas a utilizar.

Medir

Posterior a la definición del problema, se continúa con la medición de los procesos. Un estudio de repetibilidad y reproducibilidad descarta si el sistema de medición influye significativamente en la variación, en caso contrario se descarta y se continúa con el procedimiento. Se busca obtener como máximo 10 % de variación total del R&R. se realiza con tres operarios, diez piezas y dos repeticiones

Se mide la capacidad del proceso, para verificar si es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente, lo recomendable es que se encuentre en un valor mayor que 1. Otro indicador importante es el nivel sigma que tiene como base el número de defectos por millón de oportunidades, finalmente con las gráficas de control se busca mensurar la estabilidad del proceso.

Analizar

En esta etapa se analizarán los datos provenientes de las etapas anteriores, para tal fin, el equipo de trabajo, debe contar con un computador acondicionado con los softwares Excel, Minitab y SPSS. Se examinarán y categorizarán las causas, para posteriormente hallar la correlación y el grado de influencia de las variables, descartando las que no participan en la variabilidad, siendo de mucha utilidad la herramienta estadística regresión lineal.

Los resultados conseguidos deben ser registrados y dados conocer a la organización en una reunión, donde se recogerán las propuestas de solución.

Mejorar

Fase en donde se implementa la solución propuesta, siguiendo el orden siguiente: Diseño de un cronograma con las fechas de inicio, fin, actividades a ejecutar y responsables. Capacitaciones a los colaboradores en temas de mejora. Implementación, verificación, seguimiento de las mejoras en todas sus fases, detectar irregularidades para tomar las medidas correctivas correspondientes. En esta fase se diseña un modelo factorial experimental con dos factores, tres niveles y tres repeticiones El modelo se optimiza para obtener los valores adecuados de las variables. Se vuelve medir los indicadores para determinar en forma cuantitativa las mejoras.

Controlar

Los resultados obtenidos en la etapa anterior, se comparan con los de la fase medir. Se desarrollan gráficas de control para verificar la estabilidad del proceso. Si las mejoras son positivas es imprescindible la preservación en el tiempo, repitiendo el ciclo de mejora, en caso contrario, tomar acciones correctivas junto con los trabajadores.

REFERENCIAS

- Aguirre, Ricardo (2017). Six Sigma Para la optimización de la productividad de las maquinarias y equipos diversos de la empresa Remap S.A.C.Lima.Tesis doctoral. Universidad Nacional del Centro. Huancayo.
- AL - Abrow, H., Al - Maatoq, M., Alharbi, RK, Alnoor, A., Abdullah, HO, Abbas, S., & Khattak, ZZ (2020). Comprender las respuestas de los empleados a la pandemia de COVID-19: el atractivo de los trabajos de atención médica.Excelencia empresarial y organizacional global, 40 (2), 19- 33.
<https://doi.org/10.1002/joe.22070>
- Alnoor, A. (2020). Dimensiones del capital humano y desempeño de la empresa, el papel mediador de conocimiento administrativo. Revista Internacional de Excelencia Empresarial, 20 (2), 149-168.
<https://doi.org/10.1504/IJBEX.2020.105357>.
- Álvarez, G. L.; Guerra, S. J. y Rojas, R. N. (2018). Diseño factorial 2k aplicado a la caracterización reológica de suspensiones de caolín. Prospectiva. 16(1):18-25.
- Ananth, S., & Varadaraj, A. (2019). Rational framework based model of applying six sigma principles for integrated human resource and operations management. International Journal of Recent Technology and Engineering, 8(2 Special Issue 3), 787–789.
<https://doi.org/10.35940/ijrte.B1145.0782S319>
- Ankit Singh, Shraddha Pradhan, Priya Ravi & Srikrishna Dhale (2021) Application of six sigma and 5 S to improve medication turnaround time, International Journal of Healthcare Management, 14:4, 1279-1287, DOI: 10.1080/20479700.2020.1757873

- Arreaga, Armando (2020). Diseño de un modelo Six Sigma para la optimización de proceso de producción bananera en la compañía Marisbell S.A. Tesis para obtener el grado de Magíster en Administración de empresas. Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil.
- Aroche Reyes, Fidel. (2018). Estudio de la productividad y de la evolución económica en América del Norte. Una perspectiva estructural. *Estudios Económicos* (México, D.F.), 33(1), 151-191. Recuperado en 08 de julio de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72022018000100151&lng=es&tlng=es.
- Barbosa, B., Pereira, M.T., Silva, F.J.G., Campilho, R.D.S.G. (2017). Solving quality problems in tyre production preparation process: A practical approach, *Procedia Manufacturing*, Vol. 11, 1239-1246, doi: 10.1016/j.promfg.2017.07.250.
- Bhakhri, R., & Belokar, R.M. (2017). Quality Improvement Using GR&R: A Case Study. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(6), 3018-3023.
- Carrasquilla-Batista, Arys, Chacón-Rodríguez, Alfonso, Núñez-Montero, Kattia, Gómez-Espinoza, Olman, Valverde, Johnny, & Guerrero-Barrantes, Maritza. (2016). Regresión lineal simple y múltiple: aplicación en la predicción de variables naturales relacionadas con el crecimiento microalgal. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(Suppl. 5), 33-45. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i8.2983>
- Castañeda HO, Hernández BE, Amador GE, Melgoza CLM. (2019). Production of directly compressible excipients with mannitol by wet granulation: Rheological, compressibility and compactibility characterization. *Farmacia*. 67(6):973-985. doi:10.31925/farmacia.2019.6.7

Carvalho, Roberto & Lobo, Mariana & Oliveira, Mariana & Oliveira, Ana & Lopes, Fernando & Souza, Julio & Ramalho, Andre Luis C & Viana, João & Alonso, Vera & Caballero, Ismael & Santos, João & Freitas, Alberto. (2021). Analysis of Root Causes of Problems Affecting the Quality Hospital Administrative Data: A Systematic Review and Ishikawa Diagram. *International Journal of Medical Informatics*. 104584. 10.1016/j.ijmedinf.2021.104584.

Da Silva, I. B., Filho, M. G., Luiz, A. O., & Lima junior, O. F. (2019). A new Lean Six Sigma framework for improving competitiveness. *Acta Scientiarum Technology, Maringa*, 41, e37327.doi:10.4025/actascitechnol.v41i2.37327

Deniz, S., & Çimen, M. (2018). Barriers of six sigma in healthcare organizations. *Management Science Letters*, 8(9), 885–890. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2018.6.009>

Deniz, Serkan & Çimen, Mesut. (2018). Barriers of six sigma in healthcare organizations. *Management Science Letters*. 8. 885-890. 10.5267/j.msl.2018.6.009.

Dubé-Santana, Marialys, Hevia-Lanier, Francis, Michelena-Fernández, Ester, Suárez-Ordaz, Daiana Ivis, & Puerto-Díaz, Oisleydis. (2017). Procedimiento de mejora de la cadena inversa utilizando metodología seis sigma. *Ingeniería Industrial*, 38(3), 247-256. Recuperado en 09 de septiembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362017000300003&lng=es&tlng=es.

Espejo, Albert (2018). Implementación de lean Six Sigma y la productividad en una pyme de producción. Tesis doctoral. Universidad Inca Garcilaso de la vega. Lima

- Flores-Ruiz E, Miranda-Novales MG, Villasís-Keever MÁ. (2017). El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial. Rev Alerg Mex.*;64(3):364-370. DOI: 10.29262/ram.v64i3.304
- Fontalvo Herrera, Tomás, De La Hoz Granadillo, Efraín, & Morelos Gómez, José. (2018). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión empresarial*, 16(1), 47-60. <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1375>
- Gajbhiye, P.R., Waghmare, A.C., Parikh, R.H. (2017). Applications of lean six sigma methodologies for improvement in industrial safety. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 3(6), 2349-6010.
- Gandhi, S., Sachdeva, A., & Gupta, A. (2019). Reduction of rejection of cylinder blocks in a casting unit: A six sigma DMAIC perspective. *Journal of Project Management*, 4(2), 81-96.
- Gerger, A., Firuzan, A.R. (2016). Use of six sigma method as a process improvement technique: A case study in aerospace industry, *Academic Journal of Science*, Vol. 6, No. 1, 191-202.
- Gupta, V., Jain, R., Meena, M.L., Dangayach, G.S. (2018). Six-sigma application in tire-manufacturing company: A case study, *Journal of Industrial Engineering International*, Vol. 14, No. 3, 511-520, doi: 10.1007/s40092-0170234-6.
- Hashim, Safaa & Sabeeh, Afrah. (2021). A study of using statistical methods to improve process performance. *International Journal for Quality Research*. 15. 643-664. 10.24874/IJQR15.02-18.
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. (1ed.). Mexico: McGraw-Hill Interamericana editors

- Jacobs, R. y Chase, R. (2018). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministro (15 ed.). México: McGraw-Hill.
- Jaimés, Ludym, Luzardo, Marianela, & Rojas, Miguel D. (2018). Factores Determinantes de la Productividad Laboral en Pequeñas y Medianas Empresas de Confecciones del Área Metropolitana de Bucaramanga, Colombia. *Información tecnológica*, 29(5), 175-186. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000500175>
- Jiménez Ramos, Antonio, Gómez Sarduy, Julio Rafael, Puerta Fernández, Juan Francisco, & Jiménez Santana, Yulier. (2019). Diseño de experimento virtual para enfriamiento de tuberías plásticas de cloruro de polivinilo. *Ingeniería Energética*, 40(3), 257-263. Epub September 18, 2019. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012019000300257&lng=en&tlng=es.
- John, B., Areshankar, A. (2018). Reduction of rework in bearing end plate using six sigma methodology: A case study, *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, Vol. 5, No. 1, 10-26, doi: 10.22105/jarie.2018. 120059.1033.
- Karakhan, A. (2017). Six Sigma & Construction Safety Using the DMAIC Cycle to Improve Incident Investigations, www.asse.org,38-40.
- Krajewski, Ritman y Malhotra (2013). Administración de operaciones. (10 ed.). Mexico: Pearson Educacion de Mexico.
- López, D. C. (2016). Factores de calidad que afectan la productividad y competitividad de las micros, pequeñas y medianas empresas del sector industrial metalmecánico. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 10(20), 99-107. Retrieved July 04, 2022, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672016000200014&lng=en&tlng=es.

- Magodi, A.Y., Daniyan, I.A., & Mporu, K.. (2022). Application of lean six sigma to a small enterprise in the Gauteng province: a case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(1), 190-204. <https://dx.doi.org/10.7166/31-1-2504>
- Maheshwari, M., Taparia, P. (2019). Measurement of material productivity: A case study of pharmaceutical sector companies included in Nifty 50, *Productivity*, Vol. 60, No. 2, 175-194, doi: 10.32381/PROD.2019.60.02.7.
- Matzunaga, Luis (2017). Implementación de un sistema de mejora de calidad y productividad en la línea de fileteado y envasado de pescados en conserva basado en las herramientas de la metodología Six Sigma. Tesis para obtener el grado de Maestro. Universidad Ricardo Palma. Lima
- Melgoza ContrerasL. M., Castañeda HernándezO., Caraballo RodríguezI., & Bernad BernadM. J. (2021). Diseño de estudios Gauge R&R cruzado y anidado para la validación de los modelos matemáticos de Heckel y Ryshkewitch-Duckworth. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 62(2), 190-202. <https://doi.org/10.30827/ars.v62i2.17734>
- Ministerio de Agricultura y Riego (2020). Minagri desarrollará tecnología que proteja al banano orgánico de letal hongo fusarium oxysporium
- Mohamad E., Ishak A., Sulaiman M.A., Ito T., Rahman M.A.A., Salleh M.R. (2019). Cleaner production value stream mapping at a chromium plating plant: a case study. *International Journal of Agile Systems and Management*, 12(3), 245–260.
- Muhammad Hamad Sajjad, Khawar Naeem, Muhammad Zubair, Qazi Muhammad Usman Jan, Sikandar Bilal Khattak, Muhammad Omair & Rashid Nawaz | Jun Guo (Reviewing editor) (2021) Waste reduction of polypropylene bag

manufacturing process using Six Sigma DMAIC approach: A case study, *Cogent Engineering*, 8:1, DOI: 10.1080/23311916.2021.1896419

Muraliraj, J., Zailani, S., Kuppaswamy, S., & Santha, C. (2018). Annotated methodological review of Lean Six Sigma. *International Journal of Lean Six Sigma*, 9(1),2-49. doi: 10.1108/IJLSS-04-2017-0028

Navarro, E., Gisbert, V., & Pérez, A. (2017). Metodología e implementación de Six. 3C Empresa: Investigación y pensamiento crítico, <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.73-80/>

Ng, K. C., Chong, K. E., & Goh, G. G. G. (2016, December). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) through the six-sigma methodology in a semiconductor firm: A case study. In *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 2014 IEEE International Conference on (pp.833-837). IEEE

Ozturkoglu, Yucel & Kazançoğlu, Yiğit & Sagnak, Muhittin & Garza-Reyes, Jose Arturo. (2021). Quality Assurance for Operating Room Illumination through Lean Six Sigma. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*. 6. 752-770. 10.33889/IJMEMS.2021.6.3.045.

Pérez López, Delfina de Jesús, Franco Martínez, J. Ramón Pascual, Gutiérrez Rodríguez, Francisco, Hernández Ávila, Jesús, Balbuena Melgarejo, Artemio, & González Huerta, Andrés. (2021). Diseño de experimentos factoriales 2n para su análisis con Infostat e Infogen. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(6), 1087-1099. Epub 21 de marzo de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.3013>

Peruchi, R. S., Rotela Junior, P., Brito, T. G., Paiva, A. P., Balestrassi, P. P., & Mendes Araujo, L. M. (2020). Integrating Multivariate Statistical Analysis into Six Sigma DMAIC Projects: A Case Study on AISI 52100 Hardened Steel Turning. *IEEE Access*, 8, 34246–34255.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2973172>

- Primanintyo, B., Syafei, Y.M., Luviyanti, D. (2016). Analisis penurunan jumlah defect dalam proses tire-curing dengan penerapan konsep six sigma, *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 1, No. 2, Bekasi, Indonesia.
- Popper, K. (1934). *La lógica de la investigación científica*. Recuperado el 26 de junio de 2022
- Purba, H.H., Aisyah, S. (2017). Quality improvement and lean six sigma: Meningkatkan kualitas produk dan kinerja perusahaan menuju zero defect, *Expert*, Yogyakarta, Indonesia.
- Rahman, A., Shaju, S.U.C., Sarkar, S.K., Hashem, M.Z., Hasan, S.M.K., Islam, U. (2018). Application of six sigma using define measure analyze improve control (DMAIC) methodology in garment sector, *Independent Journal Of Management & Production*, Vol. 9, No. 3, 810-826, doi: 10.14807/ijmp.v9i3.732.
- Raman, R.S., Basavaraj, Y. (2018). Defect reduction in a capacitor manufacturing process through Six Sigma concept: A case study. *Management Science Letters*, 9:253-260.
- Rana, P., & Kaushik, P. (2018). Six-sigma derivatives: A case study. *Management Science Letters*, 8(8), 849–858. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2018.6.003>
- Raman, R & Basavaraj, Y. (2019). Defect reduction in a capacitor manufacturing process through Six Sigma concept: A case study. *Management Science Letters*, 9(2), 253-260.
- Rathi, R., Kaswan, M.S., Garza-Reyes, J.A., Antony, J., & Cross, J. (2022). Green Lean Six Sigma for improving manufacturing sustainability: Framework

development and validation. *Journal of Cleaner Production*, 345, 131130.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131130>

Render, B. y Heizer, J. (2017). *Principios de administración de operaciones* (9 ed.). México: Pearson Educación en México.

Riddick, F., Wallace, E., & Davis, J. (2016). Managing risks due to ingredient variability in food production. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, 121(2), 17-32.

Roy-García, Ivonne, Rivas-Ruiz, Rodolfo, Pérez-Rodríguez, Marcela, & Palacios-Cruz, Lino. (2019). Correlación: no toda correlación implica causalidad. *Revista alergia México*, 66(3), 354-360. Epub 19 de febrero de 2020.<https://doi.org/10.29262/ram.v66i3.651>

Saryanto, S., Purba, H.H., Trimarjoko, A. (2020). Improve quality remanufacturing welding and machining process in Indonesia using six sigma methods. *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, Vol. 53, No. 3, pp. 377-384.
<https://doi.org/10.18280/jesa.530308>

Sabeeh, A. O. (2021). Safaa Mohammed. A study of using statistical methods to improves process. 1. Introduction and Background 2 . Steps to apply the Six Sigma methodology according to the DMAIC model : 15(January 1987), 643–664.

Sharma,M.,Sahni,S. & Sharma,S.(2019).Validating a destructive measurement system using Gauge R&R — a case study. *Engineering Management in Production and Services*,11(4) 34-42. <https://doi.org/10.2478/emj-2019-0031>

Sabri, Mohd & Mahmood, Ab & Hasrulnizam, Wan & Mahmood, Wan & Azmi, Fadhlur. (2018). Six Sigma Analyze Phase for New Product Development Prototype Process Improvement. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*. 7. 79-85. 10.14419/ijet.v7i2.29.13134.

- Smetkowska, M., & Mrugalska, B. (2018). Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238, 590-596. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2018.04.039>
- Sreedharan, R. V., Raju, R., Vijaya Sunder, M., & Jiju, A. (2019). Assessment of Lean Six Sigma Readiness (LESIRE) for manufacturing industries using fuzzy logic. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 36(2), 137161. doi: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2017-0181>
- Syafwiratama, O., Hamsal, M., & Purba, H. (2017). Reducing the nonconforming products by using the Six Sigma method: A case study of a polyes-ter short cut fiber manufacturing in Indonesia. *Management Science Letters*, 7(3), 153-162.
- Torres Navarro, Carlos, Malta Callegari, Nelson, & Jara Olave, Hugo. (2021). Modelos de regresión y diseño de línea base para indicadores energéticos en una empresa siderúrgica. *Ingeniería Energética*, 42(1), e2801. Epub 01 de marzo de 2021. Recuperado en 08 de julio de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012021000100004&lng=es&tlng=es.
- Trimarjoko, Aris & Saroso, Dana & Purba, Humiras & Hasibuan, Sawarni & Jaqin, Choesnul & Aisyah, Siti. (2019). Integration of nominal group technique, Shainin system and DMAIC methods to reduce defective products: A case study of tire manufacturing industry in Indonesia. *Management Science Letters*. 9. 2421-2432. 10.5267/j.msl.2019.7.013.
- Vásquez-Castillo, Wilson, & Racines-Oliva, Mauricio, & Moncayo, Pablo, & Viera, William, & Seraquive, María (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico (*Musa acuminata*) en el Ecuador. *Enfoque UTE*, 10(4),57-

66.[fecha de Consulta 9 de Septiembre de 2021]. ISSN: Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=572260689011>

Anexo1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Tipo de Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala
Six Sigma	Independiente	Es considerada una metodología de mejora continua que busca incrementar el valor de la empresa, mejorar la calidad, la satisfacción de los clientes, la disminución de los defectos y los costos (Sabri et al., 2018).	Capacidad del proceso	$C_p = ES - EI / 6 \sigma$	Razón
			Nivel sigma	$DPMO = DPO \times 1000000$	Razón
Productividad	Dependiente	La productividad es un indicador que permite determinar la forma de cómo se están utilizando los recursos para lograr los objetivos propuestos. Los recursos empleados pueden medirse en número de trabajadores, horas hombre, materia prima, horas máquina (Jacobs y Chase, 2018)	Productividad de materia prima	Cajas /kg de materia prima	Razón
			Productividad de mano de obra	Cajas /H-H	Razón
			Índice Combinado de productividad	Cajas/ soles materia prima+ soles en mano de obra	Razón

Anexo 2. Ficha de registro de Productividad mano de obra y materia prima.

PRODUCTIVIDAD MANO DE OBRA Y MATERIA PRIMA							
EMPRESA:							
RUC:							
PRODUCTO:			BANANO PARA EXPORTAR				
Pagina: 1/1			version: 001				
N°	Semana	Número de operarios	Jornada laboral (horas-hombre)	Materia prima (en Kg)	Producción (cajas)	Productividad mano de obra (cajas/h-h)	Productividad de materia (cajas/kg)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
Promedio							

Ficha de registro para la calibración del banano

página: 1/1							
especificación del cliente:		CAPACIDAD DEL PROCESO EN LA CALIBRAACIÓN DEL BANANO					
Muestra	Calibración			Promedio	ES	EI	calibración
	X1	X2	X3				
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
promedio							
desviacion							
Cp							

Ficha de registro para defectos en el banano

página: 1/1				
version: 001		DEFECTOS EN EL BANANO		
Nº	Actividad	Entradas	Oportunidad	Defectos
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
Total				
DPMO				