

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

Rediseño del proceso de preparación: Inclusión de dosimetría y redefinición de rangos de liberación

**Patricio Andrés Aguilar Delgado
Camilo Alejandro Burbano Burbano
Gabriel Gustavo Torres Pástor**

Ingeniería Industrial

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de Ingeniería Industrial

Quito, 30 de Abril de 2024

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencia e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Rediseño del proceso de preparación: Inclusión de dosimetría y
redefinición de rangos de liberación**

**Patricio Andrés Aguilar Delgado
Camilo Alejandro Burbano Burbano
Gabriel Gustavo Torres Pastor**

Nombre del profesor, Título académico

Danny Navarrete, M.Sc.

Quito, 30 de Abril de 2024

© DERECHOS DE AUTOR

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

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

Nombres y apellidos: Camilo Alejandro Burbano Burbano

Código: 00206754

Cédula de identidad: 1721768040

Lugar y fecha: Quito, 30 de Abril de 2024

Nombres y apellidos: Patricio Andrés Aguilar Delgado

Código: 00141468

Cédula de identidad: 1718949546

Lugar y fecha: Quito, 30 de Abril de 2024

Nombres y apellidos: Gabriel Gustavo Torres Pástor

Código: 00137882

Cédula de identidad: 1722215199

Lugar y fecha: Quito, 30 de Abril de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

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

UNPUBLISHED DOCUMENT

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

RESUMEN

Una fábrica de alimentos líder en el Ecuador, está llevando a cabo un proyecto de optimización con el propósito de mejorar su proceso de dosimetría. Este proceso, crucial en la fabricación de productos, requiere precisión y exactitud en el pesado de materiales para garantizar la calidad del producto final y cumplir con los estándares de seguridad y calidad de la empresa. Para lograr este objetivo, la planta está implementando la metodología DMAIC, reconocida por su eficacia en la mejora continua de procesos industriales. El proyecto se enfoca en levantar el proceso de dosimetría, diseñar un área de trabajo con estándares de calidad y analizar la capacidad de proceso, definiendo parámetros fisicoquímicos para la liberación de semielaborados. Estas acciones tienen como objetivo aumentar la eficiencia operativa, minimizar los desperdicios y mantener la satisfacción del cliente. Además, se busca promover un crecimiento sostenible basado en los principios de Lean Manufacturing. Este enfoque refleja el compromiso de la empresa con la excelencia operativa y la innovación en la producción de alimentos y bebidas de alta calidad para las familias ecuatorianas.

Palabras clave: DMAIC, Optimización, Lean Manufacturing, Simulación, Calidad, Rangos de liberación.

ABSTRACT

A leading food factory in Ecuador is carrying out an optimization project focused on improving its dosimetry process. This process, crucial in product manufacturing, requires precision and accuracy in material weighing to ensure the quality of the final product and comply with the company's safety and quality standards. To achieve this goal, the plant is implementing the DMAIC methodology, known for its effectiveness in continuous improvement of industrial processes. The project focuses on assessing the dosimetry process, designing a workspace with quality standards, and analyzing process capacity by defining physicochemical parameters for the release of semi-finished products. These actions aim to increase operational efficiency, minimize waste, and maintain customer satisfaction. Additionally, there is a goal to promote sustainable growth based on continuous improvement and Lean Manufacturing principles. This approach reflects the factory's commitment to operational excellence and innovation in the production of high-quality food and beverages for Ecuadorian families.

Key words: DMAIC, Optimization, Lean Manufacturing, Simulation, Quality, Release Ranges.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	12
1.1 Descripción de la empresa.....	12
1.1.1 Misión y Visión.....	13
1.1.2 Productos	14
1.1.3 Justificación de la selección del proyecto	15
2. Objetivos	16
2.1 Objetivo general	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. Revisión literaria.....	16
4. Selección de la metodología.....	18
5. FASE 1: Definir.....	18
5.1 Enunciado y Método.....	18
5.2 Definición del problema	19
5.3 Identificación del flujo de procesos	20
5.4 Project Charter	20
6. FASE 2: Medir	20
6.1 Datos necesarios	20
6.2 Tipo de muestreo	21
6.3 Tamaño de muestra	21
6.4 Estrategia de muestreo	22
6.5 Muestras obtenidas.....	23
6.6 Distribuciones Obtenidas.....	24
6.7 Modelo de Simulación	25
6.8 Validación de Simulación	26
6.9 Resultados del Modelo de Simulación Actual	26
7. FASE 3: Analizar	27
7.1 Diagrama de Spaguetti	27
7.2 Método CRAFT.....	27
7.3 Comparación de costos de Layouts	28
7.4 Comparación de escenarios.....	29
7.5 Revisión de los rangos de liberación.....	32
7.5.1 Pruebas de normalidad	32
7.5.2 Gráficas I-MR.....	32

7.5.3 Análisis de Capacidad.....	33
7.5.4 Diagrama Causa-Raíz.....	36
8. FASE 4: Mejorar.....	37
8.1 Actualización del Proceso	37
8.2 Actualización de Planos	38
8.3 Cambios implementados y adquisiciones.....	38
8.4 Actualización de rangos de liberación	49
9. FASE 5: Controlar.....	42
10. Limitaciones y Conclusiones	42
11. Referencias bibliográficas	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Productos más consumidos en base al Pareto de los Productos	14
Tabla 2: Fases DMAIC.....	18
Tabla 3: Distribuciones obtenidas para tiempos de pesaje	24
Tabla 4: Resultados del modelo actual	27
Tabla 5: Comparación costos de layouts	29
Tabla 6: Resultados de los distintos escenarios evaluados	30
Tabla 7: Comparación entre modelo previo y actual	31
Tabla 8: Resultados CPK Rangos de liberación	35
Tabla 9: Resultados CP Rangos de liberación	35
Tabla 10: Nuevos límites ajustados de los rangos de liberación	40
Tabla 11: Cp Nuevos valores de capacidad.....	40
Tabla 12: Cpk Nuevos valores de capacidad	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Pareto de los productos con mayor consumo y producción de la fábrica.....	14
Figura 2: Antes y después de mejoras.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: VSM PROCESO DE PESAJE	47
Anexo 2: PROJECT CHARTER.....	47
Anexo 3: PARÁMETROS JUGO NARANJA POST-ESTANDARIZACIÓN	49
Anexo 4: PARÁMETROS JUGO DURAZNO POST-ESTANDARIZACIÓN.....	50
Anexo 5: PARÁMETROS YOGURT POST-ESTANDARIZACIÓN	51
Anexo 6: PARÁMETROS CREMA DE LECHE POST-ESTANDARIZACIÓN	53
Anexo 7: PARÁMETROS LECHE DE ALMENDRA C/A POST ESTANDARIZACIÓN.....	54
Anexo 8: PARÁMETROS LECHE DE ALMENDRA S/A POST-ESTANDARIZACIÓN	55
Anexo 9: PARÁMETROS LECHE DE COCO C/A POST-ESTANDARIZACIÓN	56
Anexo 10: PARÁMETROS LECHE DE COCO S/A POST-ESTANDARIZACIÓN.....	57
Anexo 11: PLANOS ACTUALES ÁREA PESADO.....	58
Anexo 12: ÁREA DE CADA SEGMENTO DE ÁREA PESADO	59
Anexo 13: MATRIZ DE FLUJO ÁREA PESADO	59
Anexo 14: TIEMPOS LEVANTADOS AREA PESADO	60
Anexo 15: PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE PARA TIEMPOS DE PESAJE	61
Anexo 16: DIST. EMPÍRICA DEL TIEMPO ENTRE ARRIBOS DE PEDIDOS.....	64
Anexo 17: DIAGRAMA DE SPAGHETTI PROCESO DE PESAJE.....	65
Anexo 18: TABLA DE EQUIVALENCIAS DEL FLUJO DE PESAJE	65
Anexo 19: MODELO DE FLEXSIM COMPARADO CON ÁREA REAL.....	66
Anexo 20: PROCESS FLOW DEL PROCESO ACTUAL	66
Anexo 21: TABLA DE PRODUCTOS E INGREDIENTES	67
Anexo 22: TABLA PARA VALIDACIÓN DEL MODELO ACTUAL	67
Anexo 23: PROCESS FLOW PROCESO PROPUESTO.....	68
Anexo 24: ANÁLISIS DE COSTOS PARA LOS MEJORES ESCENARIOS.....	70
Anexo 25:PRUEBAS DE NORMALIDAD	71
Anexo 26: GRÁFICAS DE RANGOS DE LIBERACIÓN.....	82
Anexo 27: CAUSAS ASIGNABLES PUNTOS FUERA DE CONTROL.....	95
Anexo 28: DIAGRAMA CAUSA RAÍZ	96
Anexo 29: PLANO FINAL.....	96
Anexo 30: PALAS Y BALDES COMPRADAS.....	97
Anexo 31: GAVETAS COMPRADAS	97
Anexo 32: CAPACITACIONES REALIZADAS	98

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto se llevó a cabo en una empresa en Ecuador, la cual representa un caso relevante dentro del contexto industrial ecuatoriano. Desde su llegada en los 70's, la planta inicialmente se dedicaba exclusivamente a la producción de productos lácteos. En los últimos años, ha experimentado una notable diversificación de su portafolio con la incorporación de productos nuevos, incluyendo frutales y vegetales, entre otros. Este cambio ha impactado significativamente sus procesos de producción y su posición en el mercado.

La expansión y diversificación de la planta reflejan un esfuerzo continuo por mantenerse en la vanguardia de la industria y ser altamente competitiva dentro del mercado nacional y en relación con sus competidores. Este crecimiento ha sido acompañado por una significativa facturación anual, estimada en alrededor de \$400 millones de dólares, lo que demuestra su importancia económica y su influencia en el sector industrial ecuatoriano. El análisis de esta empresa proporcionará una comprensión más profunda de como una organización establecida ha evolucionado y se ha adaptado a lo largo del tiempo para enfrentar los desafíos cambiantes del mercado y las demandas de los consumidores. Así mismo, permitirá explorar las estrategias implementadas por la empresa para mantener su competitividad y su posición de liderazgo en la industria alimentaria ecuatoriana. En este trabajo final, se examinarán en detalle estos aspectos y otros relevantes relacionados con la gestión y operación de la empresa en Ecuador.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La planta se organiza en distintas áreas funcionales que abarcan desde el almacenamiento de materias primas hasta el despacho de productos terminados. En términos generales, la planta cuenta con espacios dedicados a bodegas y almacenamiento, áreas de preparación donde se fabrican los distintos productos como jugos, leches, entre otros; y, zonas de despacho para la distribución de los productos finales.

En el área de preparación hay espacios de producción como la zona de pesado, mezclado, envasado, entre otros. El proyecto se enfoca en la zona de pesado, la primera fase crucial en el proceso de producción. La materia prima necesaria para elaborar los productos llega y se realiza el proceso de pesado de los materiales que se utilizarán en la mezcla del producto final.

La precisión y exactitud en el pesado son fundamentales para garantizar que las preparaciones se realicen sin errores ni desperdicios, y que el producto final cumpla con las especificaciones establecidas en términos de calidad, seguridad y medio ambiente. Un pesado preciso es esencial para asegurar la consistencia en la calidad de los productos y para evitar desviaciones que puedan afectar la satisfacción del cliente y la reputación de la empresa. En este contexto, la zona de pesado juega un papel crucial en el aseguramiento de la calidad y la eficiencia del proceso de producción en la planta de la empresa.

La atención a los detalles y la aplicación de prácticas de control de calidad rigurosas en esta fase del proceso son aspectos clave para el éxito operativo de la planta y para mantener su posición competitiva en el mercado.

1.1. 1 MISIÓN Y VISIÓN

Misión: Producir con eficiencia y actitud las marcas icónicas, brindando nutrición a las familias ecuatorianas.

Visión: Proveer productos de alta calidad, asegurando una ejecución exitosa de proyectos de innovación y renovación; aportando al crecimiento del negocio con una operación ágil y flexible.

1.1.2 PRODUCTOS

En la actualidad, la empresa ofrece una amplia gama de productos que abarcan diversas categorías, desde alimentos y bebidas hasta cuidado de la salud y nutrición. Se presentan los productos más relevantes identificados a través de un análisis de Pareto, aquí se destacan los siguientes:

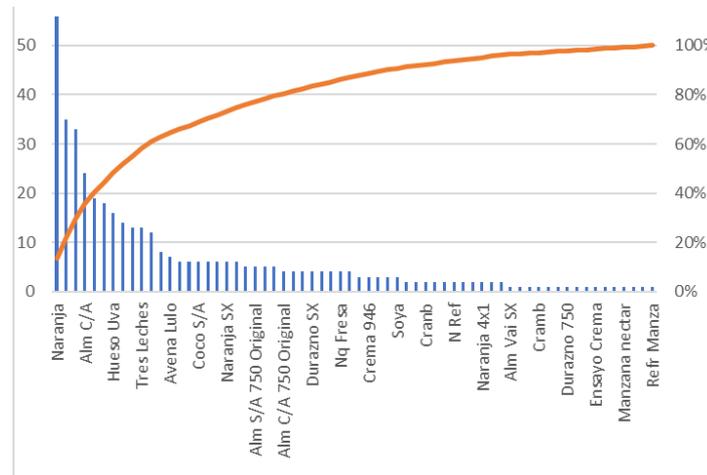


Figura 1: Diagrama de Pareto de productos con mayor producción de la fábrica

Tipo	Producto
Néctar	Naranja
	Durazno
Yogurt	Frutilla
	Manzana
	Mora
Leche	Durazno
	Almendra Sin Azúcar
	Amendra Con Azúcar
	Coco Sin Azúcar
	Coco Con Azúcar

Tabla 1: Productos más consumidos en base al Pareto de los Productos (Creación propia)

En base al Pareto de los productos que más se producen en la fábrica, se decidió tomar en cuenta a los néctares, los yogurts y las leches como los productos que necesitaban ser analizados ya que estos mismos tenían un mayor porcentaje de producción por año. Por lo tanto, es esencial que la fábrica dedique recursos significativos para garantizar la calidad, disponibilidad y satisfacción del cliente en relación con estos productos claves. La atención continua a estos productos estrella contribuirá al éxito de la empresa en el mercado ecuatoriano.

1.1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN DEL PROYECTO

La transición de la planta de la producción exclusiva de leche pura a una variedad expandida de productos, como jugos, avenas y leches en polvo, ha generado una demanda creciente. De esta manera, se busca impulsar un crecimiento sostenible basado en la mejora continua y los principios de Lean Manufacturing. En este contexto, la implementación de una metodología DMAIC ofrece un enfoque estructurado y orientado al crecimiento para abordar los desafíos presentes en la planta de la empresa en Ecuador. Según Smith y Jones (2018), la metodología DMAIC ha demostrado ser una herramienta efectiva para mejorar la calidad y eficiencia en diversos contextos industriales. Además, el estudio de García et al. (2019) respalda la aplicación de DMAIC como una metodología estructurada que impulsa la mejora continua y la optimización de procesos en entornos de manufactura.

Estos hallazgos justifican la elección de DMAIC como un enfoque viable para abordar los desafíos de optimización de recursos y aumento de productividad en la planta; al adoptar esta metodología respaldada por la investigación, la planta estará mejor equipada para mantener los estándares de calidad de la empresa y promover un crecimiento sostenible basado en los principios de Lean Manufacturing.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo es rediseñar el área de dosimetría con el fin de optimizar los flujos y los diferentes procesos implicados dentro del pesaje, mejorando de esta manera el procedimiento de preparación. Es necesario hacer un estudio que analice la factibilidad de redefinir o no los rangos de liberación de ciertos productos que generan reprocesos por la variabilidad que existe en la toma de sus muestras dentro de laboratorio. Estos dos análisis, mejorarán la productividad de la empresa, reduciendo ciertas problemáticas que vamos a analizar a lo largo del desarrollo de esta metodología.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar el proceso de dosimetría en base a procedimientos de preparación.
- Diseñar la nueva área de dosimetría con estándares de calidad. (Flujo de personas/materiales)
- Analizar la capacidad de proceso y definir parámetros fisicoquímicos de liberación de semielaborado.

3. REVISIÓN LITERARIA

La filosofía Six Sigma busca reducir la variabilidad y los defectos en un proceso hasta alcanzar un nivel de 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO). Según Pyzdek(2003) esta disciplina proporciona herramientas y técnicas para mejorar la capacidad de los procesos, identificando y eliminando gradualmente la causa de los defectos y reduciendo la variación hasta alcanzar un mejor rendimiento. Lo que busca Six Sigma es encontrar mejores resultados tanto en productos como servicios utilizando diferentes herramientas. (Montoya, 2008).

Así mismo según Stevenson (2015), la calidad es la habilidad de un producto que tiene para cumplir o incluso sobrepasar las expectativas del cliente, en el caso de la fábrica, el cliente va a ser un cliente interno que busca optimizar tiempos y minimizar errores. En el caso del

problema de los rangos de liberación, Six Sigma toma en cuenta las aptitudes de un producto y mide como la variabilidad de esta misma puede afectar en la capacidad de proceso del producto (Montgomery, 2013).

En el campo de la calidad, el uso del Control Estadístico de Procesos (CEP) es esencial para asegurar la estabilidad y mejora continua en la industria (Hernández, et al., 2016). El CEP no solo cumple con los estándares del mercado, sino que también reduce la variabilidad del proceso, optimizando su rendimiento y la competitividad de los productos. El CEP proporciona herramientas para detectar anomalías y desarrollar estrategias para aumentar la producción sin comprometer la calidad. Este enfoque se aplica específicamente en la producción por extrusión, pero puede adaptarse a diversas líneas de producción con un análisis cuidadoso de las variables clave.

Por otra parte, en cuestión de un rediseño, según Tompkins(2010), es necesario un análisis de la distribución de la planta, desde el manejo de materiales hasta los movimientos operativos para poder elaborar una planificación de las instalaciones y variaciones que se pueden realizar, de esta manera existen diferentes herramientas y técnicas necesarias para abordar los desafíos de un rediseño y optimización de los espacios de la planta.

La simulación en la mejora continua de sistemas de manufactura es fundamental por la rápida evolución de las demandas industriales y la constante introducción de nuevas tecnologías en la era de la Industria 4.0(Mourtzis, et al., 2019). Según Mourtzis(2019), la simulación permite investigar alternativas de manera rápida y eficiente, evaluando el impacto de soluciones propuestas antes de su implementación en la producción real. Esta integración permite identificar parámetros críticos y seleccionar configuraciones para mejorar la eficiencia y la productividad de los sistemas de manufactura. La simulación se usa para diseñar y evaluar un sistema real en la industria (Mourtzis, et al., 2019).

4. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para este proyecto se utilizará la metodología DMAIC, la cual se basa en seguir 5 pasos para buscar soluciones a problemas de forma ordenada y estructurada. (Gupta, et al., 2018). Esta metodología es parte de la filosofía Six Sigma y los pasos a seguir se los puede encontrar en la Tabla 2 junto con su descripción y objetivo.

Fase	Descripción	Objetivo
Definir	Definir oportunidades	Identificar y validar la oportunidad de mejora de la empresa.
Medir	Medir rendimiento	Desarrollar y validar sistemas de medición.
Analizar	Analizar oportunidades	Analizar datos para entender variación de los procesos.
Mejorar	Mejorar rendimiento	Evaluar y seleccionar las soluciones finales.
Controlar	Controlar rendimiento	Desarrollar y monitorear planes de control.

Tabla 2: Fases DMAIC (Montgomery, 2013) (Creación propia)

5. FASE 1: DEFINIR

5.1 ENUNCIADO Y MÉTODO

Se usó la herramienta 3W2H la cual se basa en investigaciones previas que respaldan su efectividad en la identificación y resolución de problemas (Nagyova, 2015). Según los estudios de Hirano (1996), esta herramienta proporciona un enfoque simple pero efectivo para abordar problemas específicos al plantear preguntas clave: What (¿Qué?), Why (¿Por qué?), When (¿Cuándo?), How (¿Cómo?) y How much (¿Cuánto?). Estas preguntas estructuradas permiten a los equipos de mejora analizar a fondo la situación, identificar las causas subyacentes del problema y desarrollar acciones concretas para resolverlo.

Las siguientes preguntas se respondieron en conjunto con el equipo de trabajo de la empresa:

¿Qué se debe hacer? Diseñar el nuevo espacio de dosimetría para facilitar los movimientos, los desplazamientos y el espacio del área de pesado. Y de esta manera analizar la variabilidad y la capacidad de los límites de especificación antes del proceso térmico.

¿Por qué? Existen errores o fallas humanas a la hora de hacer el pesaje y también a la hora de tomar los datos de los límites de especificación cuando se mezclan los componentes de los productos, por ello se generan reprocesos en la parte de preparación que disminuyen la productividad, eficacia y rendimiento de esta fase.

¿Desde cuándo? Desde que se amplió el portafolio de productos y se debe pesar no solo las leches sino todos y cada uno de los nuevos productos implementados.

¿Cómo se sabe que existen estos errores? Primero, los operarios de dosimetría han visto y observado que muchas veces se reprocesa debido a falla humana por lo que el automatizar ciertos procesos puede beneficiar a la disminución de los errores.

¿Cuántos errores se detectan? Justamente no se ha llevado un conteo, solo hay la presunción de que hay errores que están haciendo que la productividad sea menos eficaz, por ello en base a nuestros estudios y análisis encontraremos esos resultados.

5.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se identificaron problemas específicos en la fase de pesado, en la que se necesita un diseño de este espacio que facilite los movimientos, los desplazamientos de los materiales para optimizar los recursos del área, lo que beneficia a la cadena de suministro de producción dándole mayor flexibilidad y eficiencia al poder tener bien estructurados los materiales y sus pesos ideales en las recetas antes de pasar a la parte de preparación.

Por otro lado, la imposición de límites extremadamente ajustados para las especificaciones de calidad ha resultado en reprocesos frecuentes, lo que afecta negativamente la eficiencia operativa y genera costos adicionales. El principal problema para los rangos de

liberación es el tener que tomar varias veces los datos de las muestras que salen al laboratorio por la variabilidad existente entre muestras.

Estos problemas afectan la calidad y consistencia del producto final, así como la eficiencia del proceso de producción en su conjunto.

5.3 IDENTIFICACIÓN DEL FLUJO DE PROCESOS

Mediante el levantamiento de un VSM se puede observar más detalladamente los tiempos de ciclo y de espera en cada paso del proceso de pesaje, desde la llegada del material de bodega hasta su despacho a preparación. Estos tiempos permiten entender cuánto se demora actualmente el proceso de pesado de una receta promedio. El VSM se lo puede encontrar en el Anexo 1.

5.4 PROJECT CHARTER

Para organizar la metodología de trabajo en el proyecto de la empresa, se implementó un Project Charter, revisar Anexo 2. Según los autores Pyzdek y Keller (2014), esta herramienta ayuda a definir claramente el alcance del proyecto, establecer objetivos específicos, identificar los miembros del equipo y sus roles e implementar las métricas claves para medir el éxito del proyecto. El Project Charter permitió alinear las distintas etapas del proyecto con el equipo de la fábrica, para poder llevar un seguimiento de cada una de aquellas y así llegar al resultado final más óptimo.

6. FASE 2: MEDIR

6.1. DATOS NECESARIOS

En cuanto al problema del área de dosimetría se utilizó algunas herramientas para entender el proceso actual. En base a Lean es necesario levantar tiempos de ciclo y de espera para todos los procesos. En cuanto al diseño de plantas hay que levantar los planos

actuales, los espacios del área de dosimetría y la relación entre cada segmento. Finalmente, para las herramientas de simulación es necesario obtener tiempos de movimiento y procesos, así como cantidades y tipo de materia prima y producto terminado que se mueven por el área.

En cuanto al problema de capacidad, se tomará los datos históricos de las producciones de la fábrica para poder evaluar la variabilidad que existe en lo que concierne a los rangos de liberación por cada producto a analizar. Los datos ideales para trabajar son los parámetros de liberación previo a la estandarización del producto y al tratamiento de calor. Estos datos serán necesarios para poder realizar el análisis de capacidad y cartas de control para entender el estado del proceso y localizar posibles mejoras.

6.2. TIPO DE MUESTREO

Según los autores Otzen y Manterola (2017), en caso de no tener accesibilidad a todos los sujetos de investigación, el tipo de muestreo ideal es un muestreo no probabilístico por conveniencia. La accesibilidad a los datos es una limitante para toda toma de muestras en este proyecto debido a la producción lenta y falta de datos históricos. Por esto se tomaron la mayor cantidad de datos en la medida de lo posible.

6.3. TAMAÑO DE MUESTRA

En el contexto del problema de dosimetría se recopilan datos como las dimensiones de los espacios utilizando los planos, y se establecen relaciones entre las distintas áreas mediante comunicación directa con el equipo de producción. Todos estos datos son individuales. Por último, para los datos de los tiempos, se utilizará un tamaño de muestra de 50 datos, este es el valor de datos mínimos para realizar una regresión o

una prueba de ajuste de bondad como menciona Wu (1986) y también lo comprueba Altunkaynak y Gamgam (2020), en donde se analizan los resultados de una simulación que utiliza distribuciones obtenidas de diferentes tamaños muestrales, siendo 50 muestras mínimo para dar resultados óptimos.

En el contexto de la segunda problemática, la cual se remite a los parámetros de liberación, se realizaron 25 observaciones de los datos históricos disponibles, lo que equivale a aproximadamente un año de datos y está dentro del número mínimo con el que se puede hacer un análisis de capacidad y cartas de control como lo menciona Zhao (2021).

6.4. ESTRATEGIA DE MUESTREO

En el primer problema abordado, se solicitó a la empresa los planos junto con sus planes de producción, así como la lista de ingredientes empleados en cada producto. Para determinar los tiempos de movimiento, carga, descarga y pesaje, se llevó a cabo un levantamiento de datos mediante la revisión de las grabaciones de las cámaras de seguridad, las cuales registraron diversas operaciones de producción, como los tiempos de inicio y finalización de cada actividad para su posterior análisis. Para calcular la cantidad de producciones y el intervalo de tiempo entre ellas, se consultó la planificación anual de producción, extrayendo el número de producciones semanales y los tiempos entre el inicio de una producción y la siguiente. Estos datos fueron tomados con un levantamiento manual en base a los datos que la empresa nos distribuyó. Todos estos datos fueron usados dentro de la simulación.

En cuanto a los datos de parámetros de liberación, la empresa ha estado recopilando información sobre sus producciones durante años, por ahora la fábrica ha

guardado los datos posteriores a la calibración de las muestras que se toman de los rangos de liberación en fichas técnicas. Por ende, hemos revisado minuciosamente los registros de producción de cada producto durante los años 2023 y 2024 para anotar los parámetros de cada uno y almacenarlos de manera digital. Esta estrategia nos permitirá recopilar la información necesaria para realizar el análisis de control y capacidad utilizando la herramienta estadística Minitab.

6.5. MUESTRAS OBTENIDAS

Las muestras obtenidas para los parámetros de liberación posteriores a estandarización de cada producto están en los Anexos 3 al 10. Estos datos se levantaron para cada producción de los años 2023 y 2024.

Los planos levantados del área de pesado actual están en el Anexo 11, las áreas de cada segmento del área de pesado están en el Anexo 12 y matriz de flujo del área se encuentra en el Anexo 13. Los tiempos de movimiento y procesos del área de pesado se encuentran en el Anexo 14.

En el caso de los rangos de liberación se observó que la recolección de datos se convirtió en una limitante, debido a que la empresa tiene producción de lotes grandes, por ende, la recolección de datos en ciertos casos no iba a ser tan alta teniendo en cuenta la producción anual por lotes. Sin embargo, para cada uno de los productos a ser analizados pudimos recolectar al menos 25 datos, los cuales según la literatura de Montgomery (2009) son suficiente información para calcular medidas de variabilidad confiables y detectar patrones o tendencia en los procesos.

6.6. DISTRIBUCIONES OBTENIDAS

Con las muestras obtenidas de los tiempos del proceso de pesaje, se realizó pruebas de bondad para múltiples distribuciones. Para las pruebas de bondad y comparación t de medias se utilizará un nivel de confianza del 95% como se menciona y justifica en los siguientes artículos científicos (Waagerpetersen, 2006), (Rebba, et.al, 2006). El sistema de hipótesis que se utiliza en las pruebas de bondad es el siguiente:

H0 = La población sigue una distribución de probabilidad específica.

H1 = La población NO sigue una distribución de probabilidad específica.

Para la cual se evaluó una variedad de distribuciones para cada tiempo. Las pruebas de bondad de forma gráfica se encuentran en el Anexo 15. Para cada distribución se eligió un valor p superior al alfa (Gao, 2020). Para todos estos análisis se utilizó Python.

Tiempo	Distribución	Valor p	Parámetros
Generación de Pedido	Normal	0.9499	Media: 202.222 SD: 36.048
Carga Montacargas	LogNormal	0.1769	S:1.664 e-05 loc: -131032.415 scale: 131039.865
Carga MP	LogNormal	0.799	s: 0.489 loc: 19.721 scale: 17.65955
Pesado	LogNormal	0.945	s: 0.559 loc: 34.920 scale: 41.896

Carga ALMIX	Normal	0.296	Media: 27.88 SD: 3.224
-------------	--------	-------	---------------------------

Tabla 3: Distribuciones obtenidas para tiempos de pesaje

Cada tiempo de pesaje tiene una distribución asignada con parámetros específicos, como se aprecia en la tabla 3. Para todas las distribuciones de la tabla, los valores p obtenidos son mayores a nuestro alfa, por lo que no se rechaza en ningún caso la hipótesis nula. De ahí que las distribuciones si representan a nuestros datos.

Para el único tiempo para el cual no fue posible obtener una prueba de bondad de ajuste con un valor p adecuado fue para el tiempo entre arribo de órdenes. Ya que los tiempos son discretos, se decidió realizar una distribución empírica de estos datos (Boldin & Petriev, 2018). Esta distribución es adecuada para representar datos, especialmente cuando estos son discretos, ya que las divisiones de la distribución van a estar dadas por el rango de los datos, como lo menciona Singer (2010). Los resultados de dicha distribución se pueden apreciar en el Anexo 16.

6.7 MODELO DE SIMULACIÓN

Para realizar la simulación se decidió utilizar el programa de FlexSim que es un programa específico de simulación en plantas considerando el área y movimientos, contando con validación visual del modelo. Primero se utilizaron los planos reales de la planta para poder ubicar los elementos de manera realista. El modelo comparando con el área real se lo puede observar en el Anexo 19.

Una vez realizado el modelo 3D y validado con el área real, se inició el modelo del proceso. Se modeló el proceso representando las demoras, tiempos de pesado y todos los pasos a seguir en el proceso real. Este proceso utiliza la herramienta de Process Flow del programa FlexSim, el cual se puede ver en el Anexo 20.

Todas las distribuciones de tiempos se ingresaron dentro de la simulación, así como los datos de ingredientes, que se tabularon como se observa en el Anexo 21. Esta tabla ayudó a generar resultados más reales. En la simulación se utilizaron contadores, listas, recursos, demoras y movimientos para poder representar el proceso que incluye subprocesos, los cuales ayudan a representar actividades como horas de comida y culminación del turno.

6.8 VALIDACIÓN DE SIMULACIÓN

Se validó la simulación utilizando el KPI de ordenes ejecutadas en una semana. Se realizó una comparación t de medias entre las ordenes completadas en 13 semanas reales con las ordenes ejecutadas de 13 semanas simuladas. Los resultados de ambos grupos se pueden ver en el Anexo 22. Por último, se utilizó un nivel de confianza del 95% para las siguientes hipótesis:

H₀: No existe diferencia significativa entre las medias de las dos poblaciones

H₁: Si existe diferencia significativa entre las medias de las dos poblaciones

Se obtuvo un estadístico t de -1.61 y un valor p de 0.1199, por lo que no existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, por ende no existe diferencia significativa entre los dos grupos de datos. Esto demuestra que el modelo simulado si representa bien al modelo real. Esto confirma que los cambios realizados al modelo simulado representarán con fiabilidad los resultados de los cambios realizados en la realidad.

6.9 RESULTADOS DEL MODELO DE SIMULACIÓN ACTUAL

Una vez validado el modelo de simulación, se definió los diferentes indicadores con los que se trabajaría para poder evaluar el modelo actual y comparar el desempeño de cada una de

las mejoras planteadas si fuese necesario. Los indicadores seleccionados fueron la utilización del supervisor, utilización de operario de pesaje, utilización del espacio y cantidad de recetas pesadas o throughput del área de pesado. Los resultados de estos indicadores para el modelo actual durante un turno de trabajo se puede ver en la Tabla 4. Se puede apreciar claramente una baja utilización del operario de pesaje, una utilización baja del espacio y un throughput de pesado de tan solo 3 recetas.

Escenario	Utilización Op. Pesaje	Utilización Supervisor	Utilización Espacio	Throughput Pesado (unidades)
Modelo Actual	23.25%	46.81%	38.06%	3

Tabla 4: Resultados del modelo actual (Creación propia)

7. FASE 3: ANALIZAR

7.1 DIAGRAMA SPAGUETTI

El diagrama de Spaghetti es una herramienta visual simple pero poderosa para analizar y mejorar la eficiencia de procesos en diversos sectores. Su uso permite identificar áreas de mejora y optimizar el flujo de trabajo, reduciendo tiempos muertos y movimientos innecesarios (Escudero, 2020).

En el Anexo 17 se encuentra el Diagrama de Spaguetti del layout actual, se puede observar los recorridos que hacen los operarios, de manera general el área está bastante bien organizada.

7.2 MÉTODO CRAFT

El método CRAFT permite comparar layouts intercambiando espacios, para así encontrar la mejor opción. Para esto primero se dividió el área en 6 subáreas: llegada, computadoras, pesaje, almacenamiento, materia prima de devolución y salida. Los pasos para este método son:

Definir la matriz de flujo: Como se puede observar en el Anexo 13, se definió una matriz de flujo, en donde se pone la cantidad de materiales que viajan de un lugar a otro, esto se hizo con equivalencias de cada unidad como se puede observar en el Anexo 18.

Calcular distancias: Esto se hace calculando los centroides de cada área, para este cálculo se debe definir un punto referencial a nuestra conveniencia, y utilizar la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

Donde \bar{x} y \bar{y} son las coordenadas del centroide, x_i y y_i son las coordenadas de cada punto y n es el número total. Posteriormente se calcula la distancia entre áreas.

Ejecutar algoritmo: Se realizó una suma producto entre la tabla de relaciones y las distancias, con esto tendremos costos de los layouts y podremos elegir el mejor.

7.3 COMPARACIÓN DE COSTOS DE LAYOUTS

Luego de obtener los costos por layout analizado, como podemos ver en la siguiente Tabla 5, el cambio entre la subárea 3 y 5 (Almacenamiento y materia prima de

devolución) tiene un costo de 480 dólares, esto comparándolo con el costo del layout inicial que es de 604,5 dólares. Se concluye que hacer el cambio entre estas dos subáreas es lo mejor, sin embargo, es recomendable hablar con el personal de la fábrica para ver si hay otros factores que puedan tener repercusión con este cambio.

Comparación	
Layout	Costo
Inicial	604,5
3-5	480

Tabla 5: Comparación costos de layouts (Creación propia)

7.4 COMPARACIÓN DE ESCENARIOS

Se definió con la empresa los posibles cambios a realizar, los cuales involucraban una ampliación en el espacio y un rediseño del proceso. El objetivo de estos cambios es el de mejorar la utilización de operarios, del espacio y la cantidad de recetas pesadas en un turno. Se sugirió independizar al proceso de pesaje, para que este se realice de manera constante y que deje de ser dependiente de las órdenes de producción.

El proceso propuesto tendría a una persona pesando constantemente las órdenes que se producirán en la semana en vez de usar tres turnos de pesaje durante el día. Al iniciar una orden de producción, los operarios tomarán la materia prima ya pesada y etiquetada previamente. Estos cambios se realizaron al modelo actual, obteniendo así una simulación como se puede ver en el Anexo 23.

Una vez realizados los cambios se plantearon distintos escenarios, en estos se pueden agregar hasta 4 espacios al área de pesaje y usar gavetas y medios pallets en lugar

de pallets completos para la materia prima pesada. Se realizaron corridas para un turno de todos estos escenarios y se los comparó para los diferentes indicadores a evaluar.

Escenario	Utilización Op. Pesaje	Utilización Supervisor	Utilización Espacio	Throughput Pesado (unidades)
Modelo Actual	23.25%	46.81%	38.06%	3
Propuesto	50.02%	33.46%	92.71%	4
Propuesto + 2 espacios	62.48%	35.10%	95.04%	5
Propuesto + 4 espacios	66.11%	43.07%	83.77%	6
Propuesto + gavetas	65.94%	38.15%	90.28%	5
Propuesto + 2 espacios y gavetas	72.58%	41.35%	62.10%	6
Propuesto +4 espacios y gavetas	77.09%	42.17%	58.86%	6

Tabla 6: Resultados de los distintos escenarios evaluados (Creación propia)

Como se puede ver en la Tabla 6, el modelo actual es el que peor rendimiento tiene en todos los aspectos evaluados. Tiene un uso del operario de pesaje muy bajo y un uso del espacio también bajo. El throughput es la cantidad de productos pesados que salen del sistema, en este caso, el throughput de pesaje es también muy bajo. Todos estos KPI's han sido mejorados con el modelo propuesto, duplicando la utilización del operario y aumentando casi al 100% la

utilización del espacio. Podemos ver con esto que el espacio es el limitante del proceso propuesto, por lo que si es necesario aumentar la capacidad para poder pesar más órdenes.

Los mejores escenarios son el aumentar dos espacios y gavetas, aumentar 4 espacios, aumentar 4 espacios y gavetas, ya que estos tienen mejores resultados. Para elegir la opción más adecuada, se realizó un análisis de costos para implementar cada escenario, que está en el Anexo 24. Aquí podemos ver que el mejor escenario en cuanto a costos es el agregar dos espacios y utilizar gavetas para las órdenes pesadas y al ser los tres escenarios muy similares en cuanto su rendimiento, se recomienda utilizar el escenario cuya implementación sea la menos costosa.

En la Tabla 7 se puede ver la comparación entre el modelo previo y el modelo actual, en donde se ve claramente una mejora en todos los aspectos evaluados. Se reducen costos de operarios, reduciendo los turnos de 3 a 1. Se mejora la utilización y la capacidad del área y operarios.

Característica/Proceso	Previo	Actual
Espacios disponibles	12 uni.	14 uni.
Capacidad de almacenamiento	12 uni.	18 uni.
Operarios de pesaje necesarios	3 uni.	1 uni.
Utilización de operario de pesaje	23.25%	72.58%
Utilización de espacio	38.06%	62.10%
Recetas pesadas por turno	3 uni.	6 uni.
Tiempo de ciclo	45 min	34 min

Tabla 7: Comparación entre modelo previo y actual (Creación propia)

7.5 REVISIÓN DE LOS RANGOS DE LIBERACIÓN

7.5.1 PRUEBAS DE NORMALIDAD

Las pruebas de normalidad se realizan para verificar si los datos provienen de una distribución normal. Según Montgomery(2009), estas pruebas son cruciales porque muchos métodos estadísticos, como los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis paramétricas, asumen que los datos están distribuidos normalmente. Si los datos no siguen una distribución normal, estos métodos pueden producir resultados incorrectos. Por lo tanto, realizar pruebas de normalidad antes del análisis estadístico ayuda a garantizar la validez de los resultados y las conclusiones derivadas de ellos.

Es importante tener en cuenta que en la industria alimentaria, debido a la naturaleza de los datos y a factores externos como los ingredientes, las condiciones de procesamiento y las variaciones en la materia prima; los datos no siguen una distribución normal. Y en nuestro caso se utilizó el software Minitab para normalizar nuestros datos. Estas normalizaciones se pueden revisar en los Anexos 25 (Pruebas de Normalidad).

7.5.2 GRÁFICAS I-MR

Según Montgomery(2009), las gráficas I-MR se utilizan principalmente para el monitoreo y el análisis de la variabilidad en los procesos. Estas gráficas ofrecen una representación visual de la variabilidad en los datos a lo largo del tiempo, lo que permite identificar patrones, tendencias y puntos fuera de control estadístico. Durante el estudio, se llevó a cabo diferentes cartas de control para cada producto y su respectivo rango de liberación.

En cada caso, se analizaron los puntos que estaban fuera de control y se dividieron entre los que pertenecían al grupo de causas asignables y los que pertenecían al grupo de la variabilidad natural. La eliminación de los puntos fuera de control con causas asignables se basó en el principio defendido por Montgomery(2009), que enfatiza la importancia de identificar y eliminar las causas asignables para mejorar la calidad del proceso. Este enfoque ayuda a garantizar que los datos utilizados para calcular la capacidad del proceso estén libres de influencias externas que podrían distorsionar los resultados. Por otro lado, los puntos fuera de control atribuibles a la variabilidad natural del proceso, como se define por Chambers(1992), no fueron eliminados. La variabilidad natural representa las fluctuaciones normales y previsibles en el proceso que no indican necesariamente un problema de calidad(Chambers et al., 1992)Por ejemplo, el calibrador que se usa en la medición podría causar variaciones en la toma de muestras que se consideran parte de la variabilidad natural y no necesariamente requieren acción correctiva. Esta evaluación se llevó a cabo en colaboración con el equipo de calidad de la empresa, realizando varias iteraciones y resolviendo casos específicos para determinar si existían causas para eliminar o patrones que requerían atención adicional.

Después, de varias revisiones y repeticiones, hasta eliminar o mantener los puntos de las gráficas se llegó a un resultado, el cual nos permitiría continuar con la siguiente fase. Estas gráficas se pueden observar en el Anexo 26. Para revisar, los datos fuera de control que fueron extraídos se puede revisar el Anexo 27.

7.5.3 ANÁLISIS DE CAPACIDAD

El análisis de capacidad del proceso es fundamental para evaluar si un proceso es capaz de cumplir con las especificaciones del producto (Montgomery, 2009).Una métrica

comúnmente utilizada en este análisis es el Índice de Capacidad del Proceso (Cp) y el Índice de Capacidad del Proceso Normalizado (Cpk). Cp se calcula como la relación entre la especificación de la tolerancia y la variabilidad del proceso, mientras que Cpk tiene en cuenta tanto la posición del proceso como su variabilidad (Montgomery, 2009). Las fórmulas de cálculo para Cp y Cpk son:

$$Cp = \frac{\text{Tolerancia máxima del proceso} - \text{Tolerancia mínima del proceso}}{6 * \sigma}$$

Cpk=

$$\min \left(\frac{\text{Tolerancia máxima del proceso} - \text{Media del proceso}}{3 * \sigma}, \frac{\text{Media del proceso} - \text{Tolerancia mínima del proceso}}{3 * \sigma} \right)$$

Donde σ representa la desviación estándar del proceso. Cp y Cpk se utilizan para determinar si un proceso es capaz de producir productos dentro de las especificaciones del cliente y cuantificar la capacidad del proceso para hacerlo de manera consistente (Montgomery, 2009). Cp se enfoca en la variabilidad total del proceso, mientras que Cpk considera tanto la variabilidad como la posición del proceso con respecto a las especificaciones (Montgomery, 2009). Un valor de Cp o Cpk mayor que 1 indica que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones del cliente. Sin embargo, un valor de Cpk mayor que Cp sugiere que el proceso está centrado en el objetivo deseado. Un análisis exhaustivo de Cp y Cpk permite identificar áreas de mejora en el proceso y tomar medidas correctivas para aumentar su capacidad y estabilidad (Montgomery, 2009).

A continuación los resultados, las celdas con "N/A" son límites que no son necesarios, y la empresa no los tiene definidos:

CPK	Brix	Acidez	PH
Naranja	1,03	0,81	1,03
Durazno	0,9	0,79	1,34
Yogurt	0,94	N/A	0,69
Crema de Leche	N/A	1,16	1,03
Leche Almendra C-A	0,7	N/A	0,3
Leche Almendra S-A	0,38	N/A	0,31
Leche Coco C-A	0,11	N/A	0,46
Leche Coco S-A	0,33	N/A	0,47

Tabla 8: Resultados CPK Rangos de liberación

Cp	Brix	Acidez	PH
Naranja	1,17	0,88	N/A
Durazno	1,28	0,98	N/A
Yogurt	1,27	N/A	0,86
Crema de Leche	N/A	N/A	N/A
Leche Almendra C-A	0,74	N/A	N/A
Leche Almendra s-A	0,46	N/A	0,31
Leche Coco C-A	0,37	N/A	0,46
Leche Coco S-A	0,32	N/A	0,47

Tabla 9: Resultados CP Rangos de liberación

Después de concluir los análisis de capacidad, se llegó a un acuerdo con la empresa de realizar un análisis de capacidad de las leches, en el que se extiendan los rangos de liberación hasta el punto que sus Cp y Cpk aumenten y se acerquen al valor esperado de 1. Cabe recalcar, que esto solo permite a la empresa reevaluar y reconsiderar los rangos ya impuestos, para que ellos hagan pruebas de alimentos y

laboratorio que permitan identificar si en ciertos casos se podría ampliar los rangos de liberación para dar más flexibilidad a las muestras y de esta manera evitar reprocesos.

7.5.4 DIAGRAMA CAUSA- RAÍZ

El diagrama de Ishikawa que se encuentra en el Anexo 29 se elaboró consultando directamente con el personal de la empresa involucrado en el proyecto, incluyendo operarios de producción, supervisores y gerentes. Además, se colaboró estrechamente con áreas y departamentos especializados que tienen experiencia y conocimientos sobre los rangos de liberación, como el departamento de control de calidad y el equipo de investigación y desarrollo. Esta colaboración permitió identificar de manera exhaustiva las posibles causas de la variabilidad en los rangos de liberación, garantizando una representación precisa de los factores relevantes en el diagrama de causa-efecto.

Durante la fase de análisis, el diagrama de Ishikawa proporcionó un marco efectivo para identificar las posibles causas de ruido y variabilidad en los rangos de liberación. Sin embargo, para validar y profundizar en estas hipótesis, la empresa reconoce la importancia de realizar un estudio y análisis más detallado en laboratorio, en colaboración con expertos en el campo. Este análisis adicional permitió determinar con mayor precisión cuáles de las causas identificadas realmente contribuyen al ruido observado en el proceso de liberación. Al comprometerse con este enfoque basado en evidencia y experiencia técnica, la empresa busca no solo abordar los síntomas superficiales, sino también atacar las causas subyacentes de manera efectiva, lo que facilitará la implementación de soluciones sólidas y duraderas en la fase de Mejorar.}

8. FASE 4: MEJORAR

8.1 ACTUALIZACIÓN DEL PROCESO

La empresa realizó exitosamente la implementación del nuevo proceso de pesaje y las mejoras de espacio y adquisición de gavetas. Todos los cambios se hicieron gradualmente, pero el nuevo proceso ya se estableció como el adecuado para optimizar el flujo del espacio en base a los requerimientos de esta área. Estos cambios proporcionaron una mayor eficiencia al eliminar los tiempos de espera entre la finalización de una receta y el inicio del pedido de materiales para la siguiente.

Según estudios realizados por autores como Womack y Jones (2003) en su libro "Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation", la implementación de prácticas Lean, como la eliminación de tiempos de espera innecesarios, conduce a una cadena de suministro más ágil y receptiva, lo que a su vez mejora la satisfacción del cliente y la rentabilidad de la empresa.

Por otro lado, la adopción de un enfoque Lean en la gestión de materiales antes de llevarlos a la zona de producción contribuye a minimizar el desperdicio y optimizar los procesos de manejo y consumo de materiales. Autores como Ohno (1988), en su libro "Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production", destacan la importancia de aplicar técnicas Lean para mejorar la eficiencia en la gestión de materiales y reducir los costos asociados con el manejo de inventarios.

Claramente, estas decisiones basadas en modelos Lean, confirman que los cambios en base a las simulaciones y los escenarios se justifican ya que permiten que la producción sea más eficiente tanto con la cadena de suministro como con el área de pesaje en específico. Los resultados arrojan un mejor flujo de los procesos de pesaje, una

mayor productividad de los operarios del área, un menor riesgo de errores y reprocesos y finalmente una mejora en los tiempos de pesaje de las recetas. De esta manera, se justifica que los cambios realizados mantienen relación con la idea de mejora continua y con las necesidades de satisfacer la idea y el concepto de la empresa a la hora de producir.

8.2 ACTUALIZACIÓN DE PLANOS

Los planos finales se muestran en el Anexo 30, siendo la única diferencia con los planos iniciales, el aumento de dos espacios en el área de almacenado de materia prima, este cambio fue el propuesto luego de realizar la simulación respectiva y analizar varios escenarios, haciendo este cambio se generan dos espacios extras, sin necesidad de tomar espacio de otra área.

8.3 CAMBIOS IMPLEMENTADOS Y ADQUISICIONES

El principal cambio fue el aumento de los dos espacios en el área de pesado, sin embargo, también se hicieron otros cambios significativos, los cuales son la adquisición de baldes y palas para dosificación de ingredientes (Anexo 31), y la compra de gavetas con ruedas y manijas desplegadas (Anexo 32).

Estos cambios simples pero efectivos permiten tener incluso más espacio en cada pallet como se puede ver a continuación en una imagen que representa el antes y otra que representa el después de estos cambios, mejorando claramente el flujo de movimientos del área.



Figura 2: Antes y después de mejoras

8.4 ACTUALIZACIÓN DE RANGOS DE LIBERACIÓN

La modificación de los rangos de liberación para las leches se justificó debido a los bajos valores de C_p y C_{pk} identificados en el proceso. Tras hablar con el equipo de calidad y revisar los datos, se descubrió que los límites establecidos para estos productos provenían de la maquila anterior a la empresa, adoptados sin un análisis exhaustivo de su idoneidad. La discrepancia entre estos límites y los valores obtenidos en el laboratorio al tomar muestras reveló deficiencias en el proceso impactando la calidad final del producto.

Para abordar este problema, se procedió a ajustar los límites mediante el uso de herramientas como Minitab, buscando encontrar rangos que garantizaran valores de C_p y C_{pk} superiores a 1 o cercanos a este umbral, sin comprometer drásticamente los límites existentes. Esta acción apunta a mejorar la calidad del producto y optimizar el proceso de

liberación. Para, revisar los nuevos valores y límites encontramos estas tablas de resultados.

Productos/Límites	Sólidos Totales				Ph			
	Actual		Propuesto		Actual		Propuesto	
	Lim. Sup	Lim. Inf	Lim. Sup	Lim. Inf	Lim. Sup	Lim. Inf	Lim. Sup	Lim. Inf
Leche de Almendra Con Azúcar	6	5	6,2	4,8	N/A	7,1	N/A	6,55
Leche de Almendra Sin Azúcar	3	2	3,5	1,5	N/A	7,1	N/A	6,5
Leche de Coco Con Azúcar	6	5	6,5	4	N/A	7,1	N/A	6,38
Leche de Coco Sin Azúcar	3	2	3,7	1,2	N/A	7,1	N/A	6,5

Tabla 10: Nuevos límites ajustados de los rangos de liberación (Creación propia)

Cp	Sólidos Totales	Ph
Leche de Almendra Con Azúcar	1.02	N/A
Leche de Almendra Sin Azúcar	0.91	N/A
Leche de Coco Con Azúcar	0.92	N/A
Leche de Coco Sin Azúcar	0.83	N/A

Tabla 11: Cp Nuevos valores de capacidad

Cpk	Sólidos Totales	Ph
Leche de Almendra Con Azúcar	0.75	1.04
Leche de Almendra Sin Azúcar	0.84	1.19
Leche de Coco Con Azúcar	0.85	1
Leche de Coco Sin Azúcar	0.78	1.07

Tabla 12: Cpk Nuevos valores de capacidad

En esta fase, la empresa identificó la necesidad de realizar un análisis para determinar la viabilidad de ampliar los rangos de liberación. Esta estrategia tiene como objetivo aumentar las capacidades del proceso, lo que podría resultar en una mayor flexibilidad operativa y una optimización de recursos. El plan consiste en extender gradualmente los límites de los rangos de liberación y luego realizar pruebas de calidad en laboratorio para evaluar los efectos de estas modificaciones.

Este enfoque permitirá a la empresa comprender hasta qué punto se pueden ampliar los rangos sin comprometer la calidad del producto final. Además, al realizar pruebas de laboratorio, se podrán identificar los límites óptimos de los rangos de liberación, lo que proporcionará una guía clara para futuras decisiones de producción y control de calidad. Este análisis detallado y basado en datos contribuirá

significativamente a mejorar la eficiencia y la calidad del proceso de liberación de productos.

9. FASE 5: CONTROLAR

Para la fase de controlar se realizó una nueva validación del modelo propuesto simulado y los resultados que devolvió una vez implementado. Se realizó una nueva comparación t de medias entre el número de pesajes de 5 días simulados y el número de pesajes de 5 días reales. Se utilizó un nivel de confianza del 95%. El resultado de la comparación t de medias fue un estadístico t de -1.633 y un valor p de 0.1411 , por lo que no hay diferencia significativa entre el modelo propuesto simulado y el propuesto una vez implementado. Esto indica que la predicción realizada con la simulación fue correcta y que tanto los KPI's esperados, así como los criterios evaluados en la tabla 5, se pueden esperar en la realidad. Esto nos permitió controlar que el modelo simulado se ajusta a la realidad de la empresa, por ende el haber hecho esta validación certificó la veracidad de los datos y de la simulación, por ende los resultados obtenidos con anterioridad son fiables.

También se realizó capacitaciones del nuevo proceso como se puede ver en el Anexo 33, en donde se explicó los cambios en el nuevo proceso de pesaje, y estuvieron presentes todos los involucrados en el mismo. Por último, para los análisis de rangos de liberación, se entregó un tutorial del software Minitab, donde se indica una prueba de capacidad desde cero, para que la empresa siga haciendo análisis periódicamente y con más datos.

10. LIMITACIONES Y CONCLUSIONES

Según los estudios y análisis que establecemos en esta tesis, la mejor metodología para solucionar los dos problemas presentados en esta fábrica es el DMAIC. En base a la propuesta del DMAIC, compuesta por 5 etapas: definición del problema, medición, análisis, mejoramiento y finalmente control; por lo que pudimos establecer un orden con

un principio y un fin que buscó permanentemente la ejecución de un plan con una meta clara, solucionar ciertos problemas de una fábrica en el menor tiempo posible, utilizando herramientas de mejoramiento y control de los procesos y de esta manera mejorando la productividad, eficiencia y rendimiento de la fábrica.

En el caso del problema relacionado con el rediseño del pesaje, a lo largo de la metodología se implementaron herramientas de análisis de layout, simulaciones, estudios estadísticos sobre flujo de materiales, movimientos, personal, producción para comprender como trabaja esta línea de producción dentro de la fábrica; y, como se podía optimizar recursos dentro de este espacio para mantener una línea de producción más eficiente y flexible en relación con toda la cadena de suministro y así reducir tiempos muertos, reprocesos y eliminar errores humanos que ralentizaban ciertos procesos de la producción teniendo en cuenta que la fase de pesaje es una de las primeras fases antes de producir los productos. Con base a todas las herramientas utilizadas, se encontró un nuevo espacio con flujo y con ciertas adaptaciones que, según los resultados de las simulaciones, nos permitieron corroborar un aumento en la productividad con este nuevo diseño. Por ende, la metodología utilizada y los cambios implementados fueron ideales para satisfacer las necesidades de la planta.

En cuanto a la problemática relacionada con los límites de liberación, se usó un control estadístico basado en una primera instancia en gráficas de control I-MR para visualizar la variabilidad existente entre los datos sabiendo que tenían límites establecidos. Después, se realizó un análisis de capacidad de los diferentes parámetros a analizar (Brix, Acidez, Solidos Totales, pH) para ver que rangos se mantenían capaces y cuales necesitaban ajustes o soluciones. Se encontraron causas asignables según análisis

de causas y efectos, que permitieron ver que existían ciertos datos y rangos que podían modificarse con la necesidad de aumentar su capacidad. Finalmente, se modificaron los rangos por los requerimientos de mantener la eficiencia y calidad de los productos.

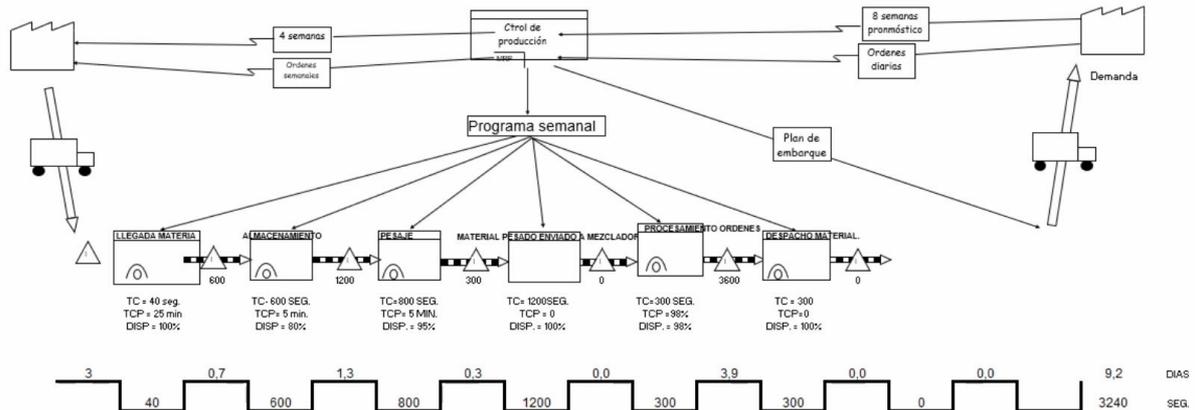
Para concluir, se puede afirmar que la metodología DMAIC es clave para mejorar, incrementar y optimizar procesos dentro de una fábrica, claramente nos permitió solucionar los problemas en cuestión. Recomendamos que hay que capacitar al personal de toda estructura jerárquica con este tipo de metodología para que conozcan su finalidad y necesidad. De tal manera, se podrían implementar equipos multidisciplinarios en la fábrica en los diferentes departamentos existentes y así trabajar juntos con un mismo objetivo. Esta tesis aportara al crecimiento de la empresa con una metodología innovadora y disruptiva que se alinee con la búsqueda de expansión y crecimiento técnico y laboral.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altunkaynak, B., & Gangam, H. (2020). npordtests: An R Package of Nonparametric Tests for Equality of Location Against Ordered Alternatives. Recuperado desde: https://www.researchgate.net/publication/344521309_npordtests_An_R_Package_of_Nonparametric_Tests_for_Equality_of_Location_Against_Ordered_Alternatives
- Boldin, M. V., & Petriev, M. N. (2018). On the Empirical Distribution Function of Residuals in Autoregression with Outliers and Pearson's Chi-Square Type Tests. *Mathematical Methods of Statistics*, 27(4), 294–311. <https://doi.org/10.3103/s1066530718040038>
- Chambers, D. S., & Wheeler, D. J. (1992). Understanding statistical process control. Recuperado desde: https://www.spcpress.com/book_understanding_statistical_process_control.php
- Escudero, B. (2020). Mejora del lead time y productividad en el proceso Armado de pizzas aplicando herramientas de Lean Manufacturing. *Ingeniería Industrial*, 039, 51–72. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2020.n039.4915>
- García, A., Pérez, B., & Rodríguez, C. (2019). Mejora continua de procesos industriales mediante la metodología Seis Sigma DMAIC. *Revista Gestión de la Calidad*, 7(2), 43-58.
- Gao, J. (2020). P-values – a chronic conundrum. *BMC Medical Research Methodology*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12874-020-01051-6>
- Grant, E. L., Leavenworth, R. S., & Mizuno, S. (1996). *Statistical Quality Control*. McGraw-Hill.
- Gupta, V., Jain, R., Meena, M. L., & Dangayach, G. S. (2018). Six-sigma application in tire manufacturing company: a case study. *CrossMark*, 511-520.
- Hirano, H. (1996). *5S for Operators: 5 Pillars of the Visual Workplace*. Productivity Press.
- Montgomery, D. (2013). Quality Improvement in the Modern Business Environment. In D. Montgomery (Ed.), *Introduction to Statistical Quality Control*. Denver: John Wiley & Sons.
- Montoya, L. A., Portilla, L. M., & Benjumea, J. C. C. (2008). Aplicación de six sigma en las organizaciones. *Scientia Et Technica*, 1(38), 265–270. <https://doi.org/10.22517/23447214.3759>

- Mourtzis, D., Vasilakopoulos, A., Zervas, E., & Boli, N. (2019). Manufacturing System Design using Simulation in Metal Industry towards Education 4.0. *Procedia Manufacturing*, 31, 155-161. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.024>
- Nagyova, A., Palko, M., & Pacaiova, H. (2015). Analysis and Identification of Nonconforming Products by 5W2H Method. In 9th International Quality Conference, June 2015 (pp. 33). Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac. Recuperado desde: http://www.cqm.rs/2015/cd1/pdf/papers/focus_1/006.pdf
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. Recuperado desde: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Rebba, R., Shuping, H., Yongming, L., & Sankaran, M. (2006). Statistical validation of simulation models. Recuperado desde: https://www.researchgate.net/publication/228591549_Statistical_validation_of_simulation_models
- Singer, J.
- Smith, J., & Jones, L. (2018). Aplicación de la metodología Seis Sigma DMAIC en la industria manufacturera: un estudio de caso. *Revista de Calidad y Mejora Continua*, 10(1), 25-39.
- Stevenson, W. (2015). Management Of Quality. In W. Stevenson (Ed.), *Operations Management* (pp. 366-402). New York: McGraw-Hill.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. M. (2010). *Facilities Planning*. John Wiley & Sons.
- Waagerpetersen, R. (2006). A simulation based Goodness-Of-Fit test for random effects in linear mixed models. Recuperado desde: <https://www.jstor.org/stable/4616954?seq=1>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.
- Wu, C. (1986). Jackknife, bootstrap and other resampling methods in regression analysis. Recuperado desde: <https://projecteuclid.org/journals/annals-of-statistics/volume-14/issue-4/Jackknife-Bootstrap-and-Other-Resampling-Methods-in-Regression-Analysis/10.1214/aos/1176350142.full>

ANEXO 1: VSM PROCESO DE PESAJE



ANEXO 2: PROJECT CHARTER

Project Charter

Inicio del proyecto: 12/01/2024

Estimado de finalización: 30/05/2024

Problem Statement

fábrica Nestlé Cayambe, fue diseñada inicialmente para la fabricación de leche. En los últimos años se han ido incrementando la variedad de productos fabricados en la planta. Entre otros, almendras, cocos, ceras, cremas, yogurt. Debido a la complejidad aumentada de los procesos para la fabricación de estos nuevos productos, existen errores humanos que realizan el proceso de producción, estos errores serían desperdicios, tanto de materia prima, como de tiempo e rentario. Por esto, se necesita implementar un nuevo diseño del área de dosimetría para implementar un pre-pesaje.

Business Case & Benefits

La implementación de un nuevo diseño en el área de dosimetría con un sistema de pre-pesaje aborda directamente los problemas actuales, mejorando la precisión y eficiencia del proceso de dosificación. Esto contribuirá a la reducción de costos asociados con errores humanos y desperdicios.

Reducción significativa de errores humanos en la dosificación de ingredientes.
 Minimización de desperdicios de materia prima.
 Aumento de la eficiencia en el proceso de producción.
 Optimización del tiempo de producción.
 Mejora en la gestión de inventario.

Goal Statement

objetivo principal es implementar un sistema de pre-pesaje en el área de dosimetría para reducir los errores humanos y desperdicios, mejorando la eficiencia general del proceso de producción de la Fábrica Nestlé Cayambe.

Timeline

Phase	Planned Completion Date	Actual
Define:	jueves, 1 de febrero de 2024	
Measure:	viernes, 16 de febrero de 2024	
Analyze:	jueves, 14 de marzo de 2024	
Improve:	jueves, 18 de abril de 2024	
Control:	miércoles, 15 de mayo de 2024	

Scope - First/Last and In/Out

First Phase: Análisis de los procesos actuales en el área de dosimetría

Last Phase: Implementación completa del nuevo diseño del sistema de dosimetría con pre-pesaje. Validación y pruebas finales. Actualización de procesos

In Scope: Diseño del área de dosimetría

Out of Scope: Gastos adicionales que Nestlé esté dispuesta a invertir

Team Members

Position	Person	% of Time
Mentor	Gustavo Cevallos	70%
Tutor	Ricardo Zambrano	50%
Director de tesis	Danny Navarrete	70%
Student	Gabriel Torres	100%
Student	Camilo Burbano	100%
Student	Patricio Aguilar	100%

Project Charter

Inicio del proyecto: 12/01/2024

Estimado de finalización: 30/05/2024

Problem Statement

La fábrica Nestlé Cayambe, no conoce si es que sus procesos en realidad son capaces en la pre-estandarización.

Business Case & Benefits

La redefinición de los rangos de liberación y la realización de un análisis de capacidad en el área de pre embasado ayudarán a establecer estándares más precisos y entender y evaluar la capacidad de los procesos.

Goal Statement

Redefinir los rangos de liberación y realizar un análisis de capacidad y cartas de control a los procesos actuales en el área de pre embasado

Timeline

Phase	Planned Completion Date	Actual
Define:	jueves, 1 de febrero de 2024	
Measure:	viernes, 16 de febrero de 2024	
Analyze:	jueves, 14 de marzo de 2024	
Improve:	jueves, 18 de abril de 2024	
Control:	miércoles, 15 de mayo de 2024	

Scope - First/Last and In/Out

Int Process:	Recolección de datos, pre y post estandarización
Last Process Step:	Redefinición de los límites de liberación y análisis de capacidad
In Scope:	Diseño del área de dosimetría
	Análisis de capacidad pre embasado
Out of Scope:	Análisis de capacidad post embasado

Team Members

Position	Person	% of Time
Mentor	Gustavo Cevallos	70%
Tutor	Ricardo Zambrano	50%
Director de tesis	Danny Navarrete	70%
Student	Gabriel Torres	100%
Student	Camilo Burbano	100%
Student	Patricio Aguilar	100%

ANEXO 3: PARÁMETROS JUGO NARANJA POST-ESTANDARIZACIÓN

Producto	Fecha	Brix	Densidad	Acidez	PH
Naranja	4-sep-23	6,83	1,026	0,484	3,38
Naranja	12-oct-23	6,76	1,0251	0,475	3,424
Naranja	12-oct-23	6,76	1,0251	0,475	3,424
Naranja	13-oct-23	6,83	1,025	0,461	3,35
Naranja	14-sep-23	6,83	1,026	0,459	3,44
Naranja	14-sep-23	6,96	1,026	0,472	3,45
Naranja	5-jul-23	6,9	1,025	0,505	3,342
Naranja	3-jul-23	7,03	1,0258	0,57	3,37
Naranja	26-jul-23	6,7	1,0256	0,4508	3,315
Naranja	19-jul-23	6,76	1,0253	0,482	3,372
Naranja	17-jul-23	6,9	1,025	0,582	3,36
Naranja	24-ago-23	6,83	1,025	0,472	3,49
Naranja	24-ago-23	6,96	1,023	0,472	3,5
Naranja	2-ago-23	6,76	1,025	0,468	3,14
Naranja	2-ago-23	7,16	1,025	0,47	3,36
Naranja	14-ago-23	6,83	1,0254	0,484	3,35
Naranja	16-ago-23	6,83	1,0258	0,491	3,36
Naranja	30-oct-23	6,96	1,0268	0,49	3,96
Naranja	11-oct-23	6,96	1,0263	0,488	3,4
Naranja	24-oct-23	6,96	1,026	0,482	3,42
Naranja	23-oct-23	6,96	1,026	0,469	3,43
Naranja	13-oct-23	7,43	1,028	0,19	3,96
Naranja	2-oct-23	7,96	1,0287	0,185	3,893
Naranja	2-oct-23	7,49	1,028	0,189	3,86
Naranja	9-oct-23	7,69	1,0287	0,187	3,99
Naranja	9-oct-23	7,36	1,028	0,182	3,9
Naranja	25-oct-23	7,8	1,0322	0,176	4,04
Naranja	30-oct-23	7,63	1,028	0,182	3,88
Naranja	30-oct-23	7,56	1,0292	0,181	3,991
Naranja	22-jun-23	7,23	1,027	0,156	3,58
Naranja	20-jun-23	6,56	1,0244	0,452	3,425
Naranja	26-jun-23	6,84	1,026	0,467	3,37
Naranja	18-ene-24	6,7	1,0247	0,468	3,53
Naranja	8-ene-24	6,7	1,0253	0,48	3,68
Naranja	4-ene-24	7,1	1,026	0,51	3,62
Naranja	18-ene-24	6,7	1,025	0,468	3,53
Naranja	11-ene-24	6,7	1,0234	0,3482	3,41
Naranja	16-ene-24	6,76	1,0236	0,479	3,5
Naranja	14-feb-24	6,96	1,026	0,466	3,59
Naranja	14-feb-24	6,63	1,026	0,45	3,62
Naranja	13-feb-24	6,9	1,026	0,449	3,68

ANEXO 4: PARÁMETROS JUGO DURAZNO POST-ESTANDARIZACIÓN

Producto	Fecha	Brix	Densidad	Acidez	PH
Durazno	22-mar-23	7,76	1,0288	0,178	3,98
Durazno	14-abr-23	7,63	1,027	0,186	3,99
Durazno	20-abr-23	7,63	1,026	0,182	3,98
Durazno	24-abr-23	7,76	1,028	0,191	3,91
Durazno	27-abr-23	7,82	1,026	0,184	4
Durazno	27-abr-23	7,82	1,026	0,184	4
Durazno	27-abr-23	7,96	1,029	0,187	4,02
Durazno	3-may-23	7,76	1,028	0,178	3,95
Durazno	4-may-23	7,76	1,029	0,18	3,96
Durazno	24-may-23	7,3	1,027	0,188	3,97
Durazno	24-may-23	7,56	1,028	0,182	3,98
Durazno	24-may-23	7,3	1,027	0,188	3,97
Durazno	5-jun-23	7,76	1,0296	0,194	3,95
Durazno	3-jul-23	7,56	1,025	0,187	3,94
Durazno	4-jul-23	7,43	1,026	0,204	3,8
Durazno	7-jul-23	7,66	1,026	0,194	3,94
Durazno	17-jul-23	7,69	1,0266	0,183	3,928
Durazno	19-jul-23	7,69	1,022	0,192	3,94
Durazno	19-jul-23	7,69	1,022	0,192	3,94
Durazno	1-ago-23	7,63	1,0259	0,183	3,96
Durazno	7-ago-23	7,96	1,0284	0,205	3,96
Durazno	7-ago-23	7,63	1,0285	0,187	3,68
Durazno	16-ago-23	7,49	1,027	0,194	4,04
Durazno	17-ago-23	7,49	1,0277	0,19	3,98
Durazno	23-ago-23	7,76	1,023	0,197	4,08
Durazno	5-sep-23	7,76	1,0294	0,18	4,03
Durazno	14-sep-23	7,56	1,0286	0,187	4,02
Durazno	15-sep-23	7,36	1,028	0,195	3,88
Durazno	19-sep-23	7,56	1,0299	0,186	3,91
Durazno	25-sep-23	7,56	1,0289	0,184	3,92
Durazno	1-ene-24	7,49	1,0281	0,258	3,72
Durazno	15-ene-24	7,69	1,0286	0,205	4,018
Durazno	16-ene-24	7,82	1,0286	0,198	4
Durazno	22-ene-24	7,82	1,0252	0,191	4,01
Durazno	1-feb-24	7,82	1,0289	0,18	4,06
Durazno	13-feb-24	7,69	1,0243	0,185	4,04
Durazno	15-feb-24	7,36	1,0279	0,19	3,96

ANEXO 5: PARÁMETROS YOGURT POST-ESTANDARIZACIÓN

Producto	Fecha	Brix	Densidad	PH
Yogurt Durazno	3-abr-23	17,85	1,0648	4,26
Yogurt Frutilla	3-abr-23	18,1	1,0636	4,2
Yogurt Mora	4-abr-23	18,04	1,0636	4,37
Yogurt Durazno	5-abr-23	17,17	1,062	4,31
Yogurt Frutilla	5-abr-23	16,7	1,08	4,31
Yogurt Frutilla	14-abr-23	16,5	1,0626	4,31
Yogurt Mora	14-abr-23	16,81	1,0613	4,2
Yogurt Manzana	24-abr-23	16,45	1,0588	4,26
Yogurt Frutilla	24-abr-23	16,8	1,0597	4,21
Yogurt Mora	24-abr-23	17,12	1,0617	4,12
Yogurt Durazno	24-abr-23	17,18	1,0627	4,24
Yogurt Mora	11-may-23	17,6	1,062	4,16
Yogu Manzana	17-may-23	17,3	1,061	4,31
Yogurt Mora	17-may-23	16,83	1,0611	4,2
Yogurt Manzana	18-may-23	16,99	1,0616	4,33
Yogurt Mora	27-may-23	18,55	1,0625	4,24
Yogurt Manzana	7-jun-23	16,56	1,061	4,25
Yogurt Durazno	7-jun-23	17,42	1,063	4,22
Yogurt Mora	8-jun-23	17,3	1,06	4,33
Yogurt Frutilla	8-jun-23	16,55	1,0624	4,16
Yogurt Mora	13-jun-23	17,13	1,0672	4,32
Yogurt Frutilla	13-jun-23	17,06	1,0624	4,38
Yogurt Durazno	30-jun-23	16,45	1,0603	4,3
Yogurt Durazno	6-jul-23	16,87	1,062	4,38
Yogurt Manzana	6-jul-23	17,55	1,064	4,35
Yogurt Mora	7-jul-23	17,36	1,063	4,11

Yogurt Frutilla	7-jul-23	16,87	1,0607	4,22
Yogurt Durazno	20-jul-23	17,6	1,063	4,18
Yogurt Frutilla	20-jul-23	17,6	1,065	4,13
Yogurt Mora	20-jul-23	17,67	1,062	4,13
Yogurt Mora	25-jul-23	16,63	1,0604	4,22
Yogurt Frutilla	25-jul-23	16,56	1,0617	4,36
Yogurt Mora	19-dic-23	16,63	1,0615	4,14
Yogurt Frutilla	19-dic-23	17,12	1,061	4,13
Yogurt Manzana	1-ene-24	17,7	1,062	4,19
Yogurt Durazno	3-ene-24	17,49	1,06	4,37
Yogurt Frutilla	3-ene-24	17,5	1,06	4,26
Yogurt Mora	8-ene-24	16,5	1,0613	4,238
Yogurt Durazno	18-ene-24	16,6	1,06	4,12
Yogurt Mora	18-ene-24	17,13	1,0598	4,06
Yogurt Frutilla	18-ene-24	16,5	1,0601	4,3
Yogurt Frutilla	23-ene-24	16,63	1,062	4,3
Yogurt Durazno	24-ene-24	17,4	1,0598	4,33
Yogurt Manzana	24-ene-24	17	1,0596	4,27
Yogurt Mora	15-feb-24	17,4	1,061	4,15
Yogurt Durazno	15-feb-24	16,56	1,062	4,23
Yogurt Frutilla	15-feb-24	16,75	1,061	4,16
Yogurt Mora	19-feb-24	16,4	1,061	4,2

ANEXO 6: PARÁMETROS CREMA DE LECHE POST-ESTANDARIZACIÓN

<i>Fecha</i>	<i>Densidad</i>	<i>Acidez</i>	<i>PH</i>
4-abr-23	0,9924	3,5	6,65
6-abr-23	1,0059	4,7	6,63
6-abr-23	0,9918	3,79	6,67
10-abr-23	0,991	4,09	6,62
13-abr-23	0,9919	4,17	6,66
25-may-23	0,9899	3,83	6,64
20-may-23	0,9808	3,8	6,68
19-may-23	0,9904	3,2	6,6
12-may-23	0,9925	4,24	6,59
2-may-23	0,989	4,34	6,55
31-may-23	0,9904	3,92	6,67
16-jun-23	0,9887	3,33	6,58
10-jun-23	0,993	4,1	6,6
16-jun-23	0,992	4,04	6,66
16-jun-23	1,004	4,85	6,66
30-jun-23	0,9918	4,05	6,62
5-jul-23	0,991	4,1	6,64
4-jul-23	0,9984	4,04	6,56
10-jun-23	0,993	4,1	6,6
15-jul-23	0,9852	3,36	6,66
19-jul-23	0,9982	4,34	6,72
14-jul-23	1,007	4,7	6,673
13-jul-23	0,992	4,23	6,51
14-jul-23	0,99	3,35	6,69
14-jul-23	0,9905	3,64	6,61
19-jul-23	0,9989	3,71	6,65
5-ene-24	0,997	3,97	6,62
16-ene-24	1,001	4,78	6,77
19-ene-24	0,993	3,63	6,64
22-ene-24	0,995	4,37	6,46
3-ene-24	1	3,23	6,7
15-ene-24	0,9944	3,8	6,69
14-feb-24	0,9925	3,88	6,55
23-feb-24	0,9945	4,03	6,57
6-feb-24	1,08	4,82	6,59
2-feb-24	0,9942	4,59	6,58
16-dic-23	0,9936	3,741	6,65
14-feb-24	0,9925	3,88	6,55
9-feb-24	0,994	3,81	6,65
16-feb-24	0,9958	4,12	6,62
10-feb-24	0,993	3,36	6,62

6-feb-24	0,994	4,05	6,65
6-feb-24	0,994	4,05	6,65
20-feb-24	0,9957	4,25	6,59

ANEXO 7: PARÁMETROS LECHE DE ALMENDRA CON AZÚCAR POST-ESTANDARIZACIÓN

Producto	Fecha	ST	Densidad	PH
Leche Alm C/A	7-mar-23	5,26	1,013	6,69
Leche Alm C/A	3-may-23	5,8	1,0137	6,77
Leche Alm C/A	30-may-23	5,7	1,014	6,74
Leche Alm C/A	6-jun-23	5,03	1,014	6,71
Leche Alm C/A	15-jun-23	5,1	1,0129	6,82
Leche Alm C/A	28-jun-23	5,3	1,0132	6,74
Leche Alm C/A	11-jul-23	5,1	1,0109	6,68
Leche Alm C/A	26-jul-23	5,36	1,014	7,008
Leche Alm C/A	22-ago-23	5,34	1,0137	6,72
Leche Alm C/A	23-ago-23	5,08	1,015	6,7
Leche Alm C/A	6-sep-23	5,17	1,0138	6,76
Leche Alm C/A	30-sep-23	5,53	1,014	6,7
Leche Alm C/A	3-oct-23	5,6	1,0132	6,714
Leche Alm C/A	26-oct-23	5,15	1,0133	6,72
Leche Alm C/A	5-ene-24	5,4	1,013	6,79
Leche Alm C/A	6-feb-24	5,08	1,013	6,79

**ANEXO 8: PARÁMETROS LECHE DE ALMENDRA SIN AZÚCAR POST-
ESTANDARIZACIÓN**

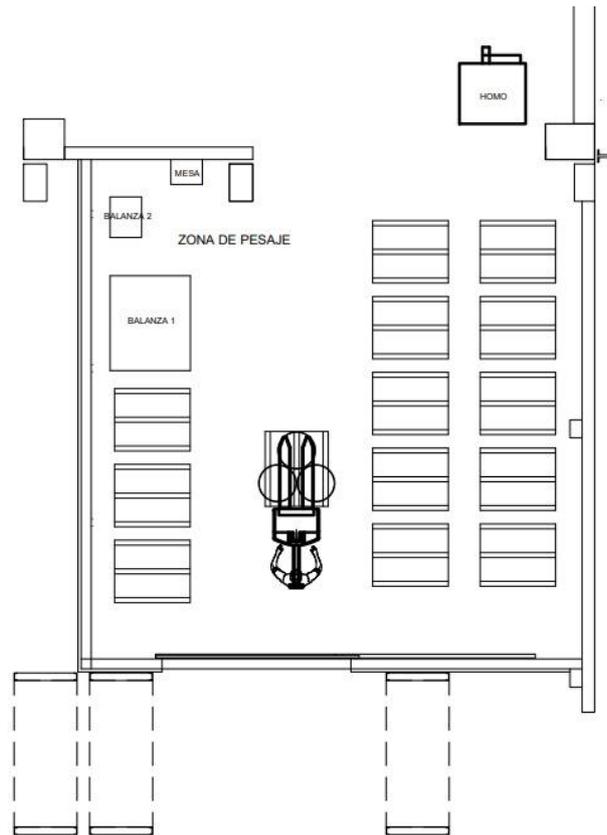
<i>Fecha</i>	<i>ST</i>	<i>Densidad</i>	<i>PH</i>
2-may-23	2,14	1,0021	6,72
2-may-23	2,59	1,003	6,73
30-may-23	2,7	1,0014	6,74
6-jun-23	2,26	1,0026	6,81
14-jun-23	2,59	1,0027	6,71
22-jun-23	2,94	1,0028	6,75
27-jun-23	2,71	1,001	6,72
27-jun-23	2,1	1,0021	6,726
11-jul-23	3	1,008	6,77
25-jul-23	2,33	1,0039	6,825
22-ago-23	2,95	1,003	6,7
30-ago-23	2,43	1,009	7,1
30-ago-23	3	1,0027	6,709
13-sep-23	2,85	1,0026	6,802
26-sep-23	2,2	1,0028	6,811
11-oct-23	2,53	1,0029	6,79
18-oct-23	2,39	1,0027	6,7
26-oct-23	2,25	1,002	6,87
4-ene-24	2,86	1,0024	6,69
22-feb-24	2,86	1,0031	6,75

**ANEXO 9: PARÁMETROS LECHE DE COCO CON AZÚCAR POST-
ESTANDARIZACIÓN**

Producto	Fecha	ST	Densidad	PH
Leche Alm Coco C/A	19-may-23	5,05	0,997	7,04
Leche Alm Coco C/A	29-may-23	5,58	1,011	6,8
Leche Alm Coco C/A	22-jun-23	4,65	1,009	7,14
Leche Alm Coco C/A	6-jul-23	5,35	1,0097	6,88
Leche Alm Coco C/A	18-jul-23	5,2	1,009	7,086
Leche Alm Coco C/A	26-jul-23	6	1,0102	6,97
Leche Alm Coco C/A	8-ago-23	4,57	1,007	7,06
Leche Alm Coco C/A	21-ago-23	5,44	1,012	6,77
Leche Alm Coco C/A	5-sep-23	5,22	1	6,8
Leche Alm Coco C/A	26-sep-23	5,03	0,995	7,08
Leche Alm Coco C/A	17-oct-23	5,05	1,004	6,8
Leche Alm Coco C/A	18-oct-23	5,12	1,009	7,08
Leche Alm Coco C/A	5-ene-24	4,57	1,0077	7,24
Leche Alm Coco C/A	7-feb-24	5,21	1,004	6,83
Leche Alm Coco C/A	8-feb-24	5,3	1,009	6,953

**ANEXO 10: PARÁMETROS LECHE DE COCO SIN AZÚCAR POST-
ESTANDARIZACIÓN**

Producto	Fecha	ST	Densidad	PH
Leche Alm Coco S/A	17-may-23	3	0,9994	6,82
Leche Alm Coco S/A	30-may-23	2,87	1	6,88
Leche Alm Coco S/A	13-jun-23	2,17	0,9988	6,98
Leche Alm Coco S/A	13-jun-23	2,87	0,9986	6,81
Leche Alm Coco S/A	26-jun-23	2,06	1,002	6,85
Leche Alm Coco S/A	27-jun-23	2,41	0,9986	6,83
Leche Alm Coco S/A	17-jul-23	3	0,9995	6,58
Leche Alm Coco S/A	5-sep-23	2,57	1,002	6,828
Leche Alm Coco S/A	20-sep-23	2,05	0,997	6,84
Leche Alm Coco S/A	10-oct-23	2,85	1,0027	6,987
Leche Alm Coco S/A	17-oct-23	2,03	0,9976	6,83
Leche Alm Coco S/A	4-ene-24	2,41	0,999	6,84

ANEXO 11: PLANOS ACTUALES DEL ÁREA PESADO

ANEXO 12: ÁREAS DE CADA SEGMENTO DE ÁREA PESADO

4	4	4	4	6	6	6	6	6
4	4	4	4	6	6	6	6	6
4	4	4	4	6	6	6	6	6
3	3					5	5	5
3	3					5	5	5
3	3					5	5	5
3	3					5	5	5
3	3					5	5	5
3	3					5	5	5
3	3					5	5	5
3	3					5	5	5
3	3					2	2	2
3	3					2	2	2
3	3		1	1		2	2	2
3	3		1	1		2	2	2

ANEXO 13: MATRIZ DE FLUJO AREA PESADO

Espacio	Descarga	Computadoras	Almacenamiento MP	Pesaje	MP llegada	Salida
Descarga		4	6	0	0	0
Computadoras			3	0	0	0
Almacenamiento MP				0	3	0
Pesaje					36	18
MP llegada						0
Salida						

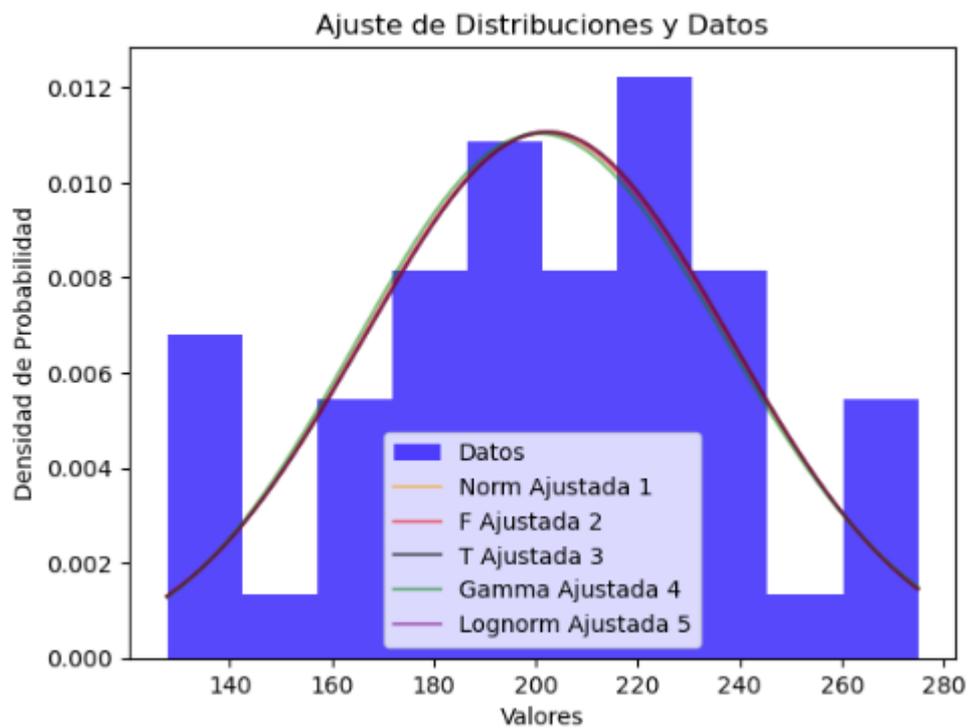
ANEXO 14: TIEMPOS LEVANTADOS AREA PESADO

Generación de pedido	Toma de montacargas	Carga de MP	Pesado	Carga ALMIX	Entre arribos
132,6	9	28,3	98,1	26,1	0
195,6	3,7	29,4	136,2	22,9	2
274,9	9,8	27,6	80,2	21,3	14
176,2	4,2	25	99,6	32,9	8
127,7	9,7	30,3	84,5	27,5	8
263,4	8	28,4	76,1	25,8	2
176,9	8,9	34,8	121,6	28,2	2
137,4	7,8	35	109,7	33	2
161,6	9	33,1	104,5	30	2
211,9	9,4	26,2	74	31,7	2
217,6	10,3	35	53,9	27,8	2
151,5	8,9	42,7	76,9	28,4	2
270,8	9,1	36,8	83,3	25,8	2
234,9	7,3	35,6	78,1	27,3	2
167,4	10,5	38,9	55	31,6	4
216,7	9,1	39,1	62,3	29,7	7
190,3	8,8	39,9	65,2	30	8
223,1	7,5	40,3	86	28,6	10
159,8	7,4	37,5	85,3	28,7	1
140,8	7,2	41,2	55,5	29,9	2
271,5	7,6	42,3	87,4	29,6	4
227,3	7,6	40,4	67,3	28,7	3
160,6	7,5	43,5	77,1	29,2	1
246,9	8,8	37,1	56,7	29,3	3
232,3	8,5	52,4	72	28	3
216,8	10,3	51,8	69,9	28,4	1
213,5	9,6	51,6	75,3	28,2	2
211,1	9,8	35,1	53,9	29,5	3
219,7	8,4	34,7	84,6	28,6	1
233,7	10,3	32,4	70,3	28,8	4
201,6	5,6	35,3	63,3	28,6	2
186,6	2,9	33,8	50,6	28,1	10
226	4,8	39,7	50,3	25,7	10
184,8	7,4	35,9	69,8	31,4	8
198	3,5	36,4	59,6	24,2	7
232,1	4,2	30,7	54,4	32,6	9

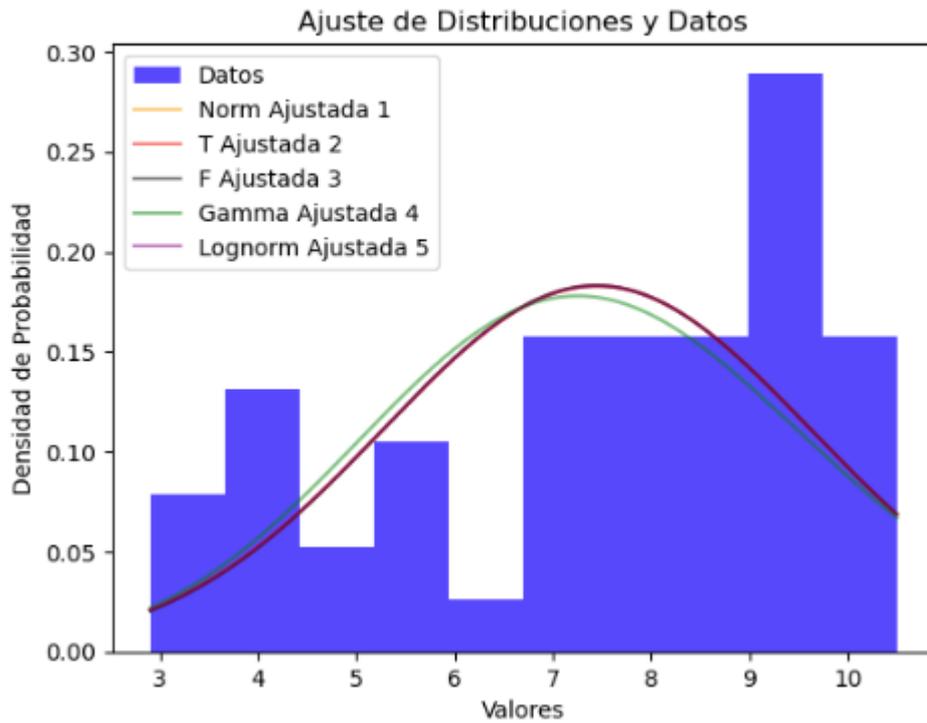
201,9	9,6	32,9	88	26,7	10
197,5	9,3	32,1	78,6	20,4	4
221,9	6,1	53,2	137,4	28,7	2
185,9	5,5	64,1	158,9	22,4	2
196,3	4,1	31,9	147,2	27,1	5
208,2	4,9	37,6	155,8	24,8	1
228,8	9,4	32,6	104,2	31,5	1
239,1	3,3	39,1	112,6	21,2	4
198,9	6,8	55,9	74,6	32,8	4
235,1	5,7	57,7	92,2	31,4	1
184,4	5,5	63,9	60,6	30,6	5
192,6	6,7	58,8	46,5	26,2	1
185,4	3,8	64,1	100,1	23,7	4
141,5	9,3	41,1	78,6	20,4	8

ANEXO 15: PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE PARA TIEMPOS DE PESAJE

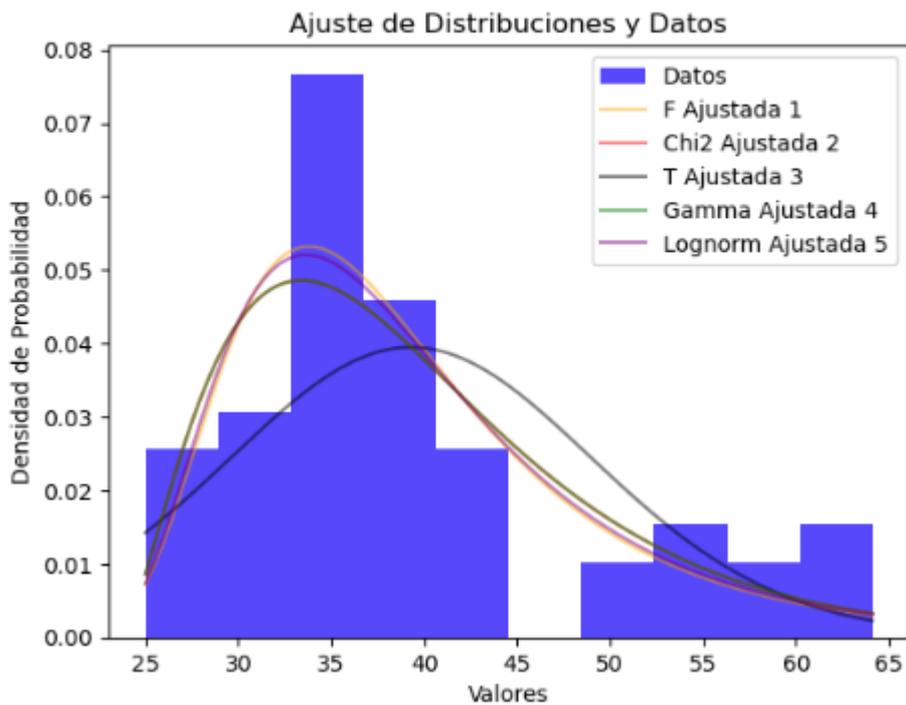
Generación Pedido



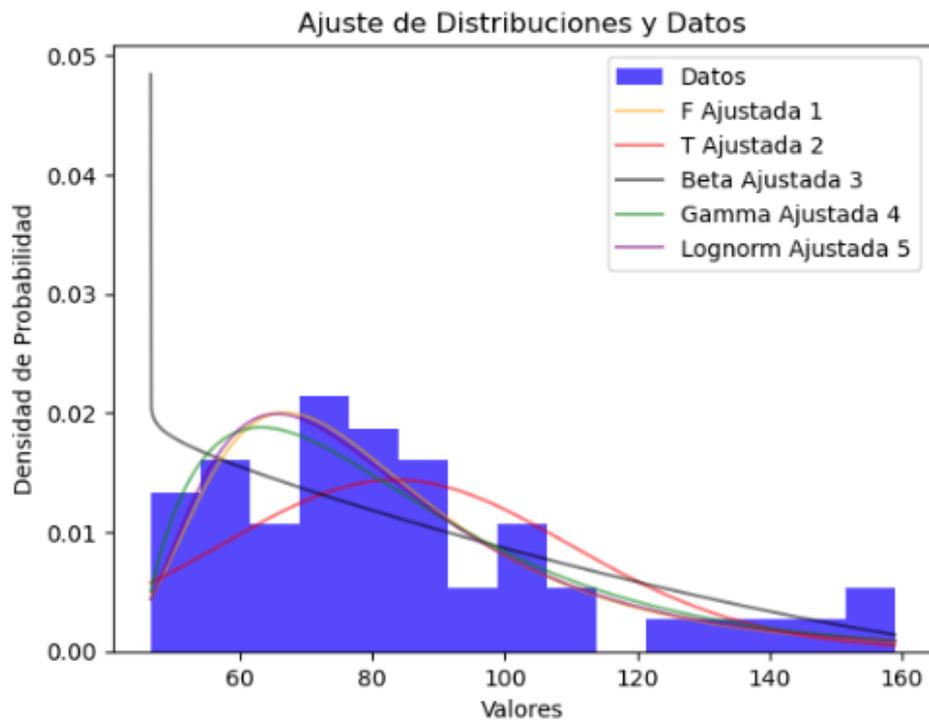
Carga Montacargas



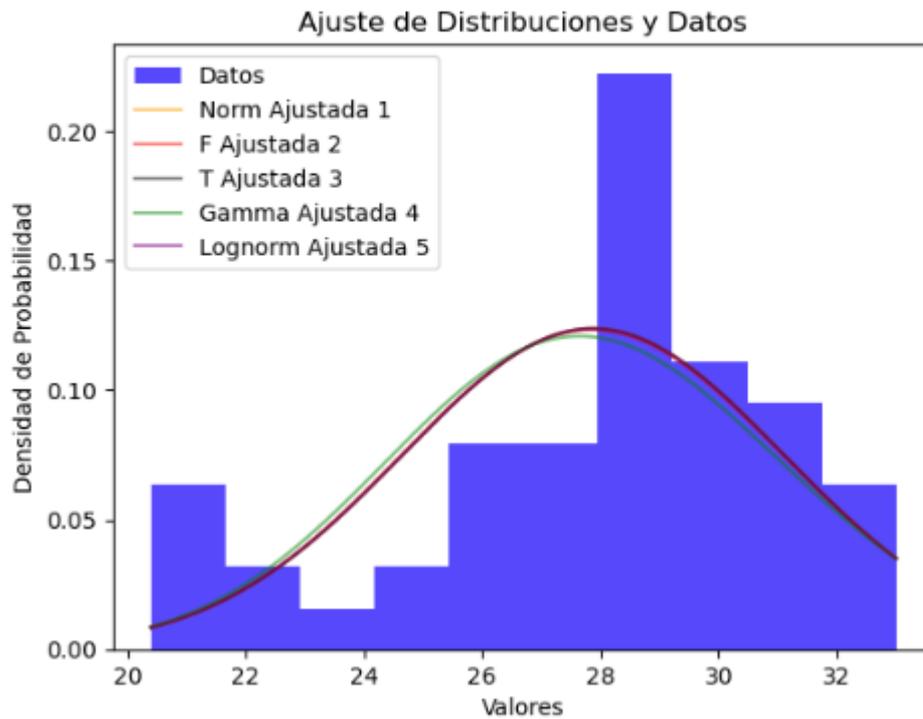
Carga de MP



Pesado

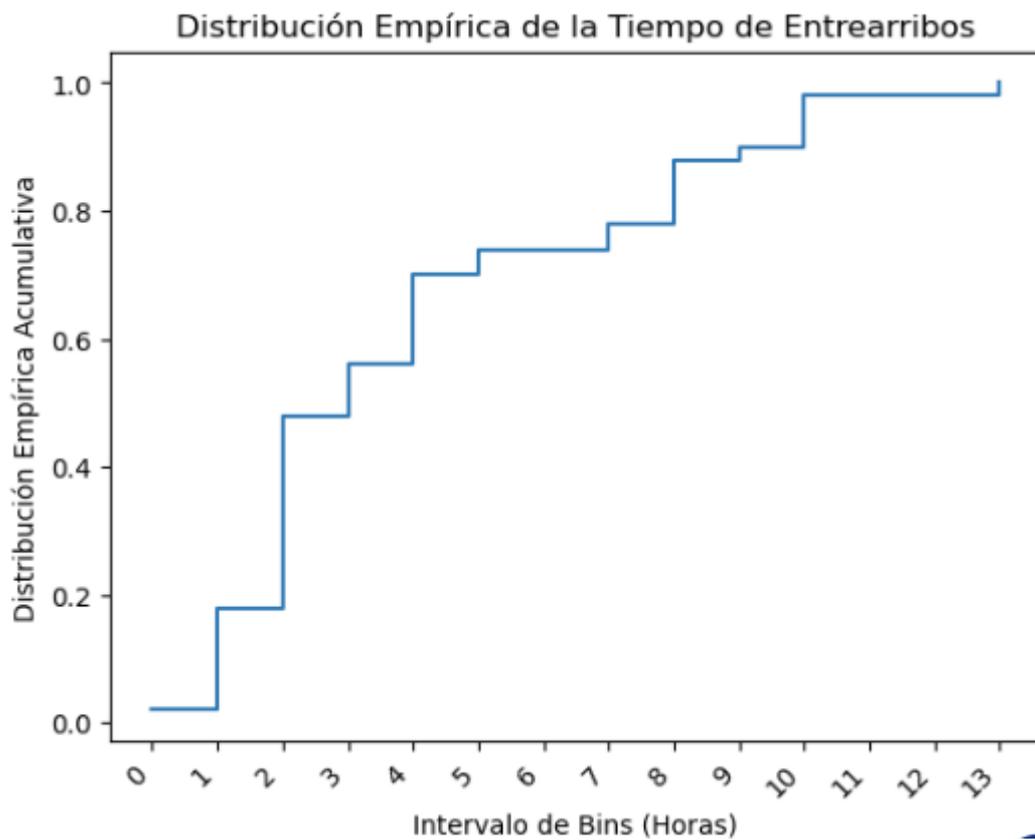


Carga de ALMIX

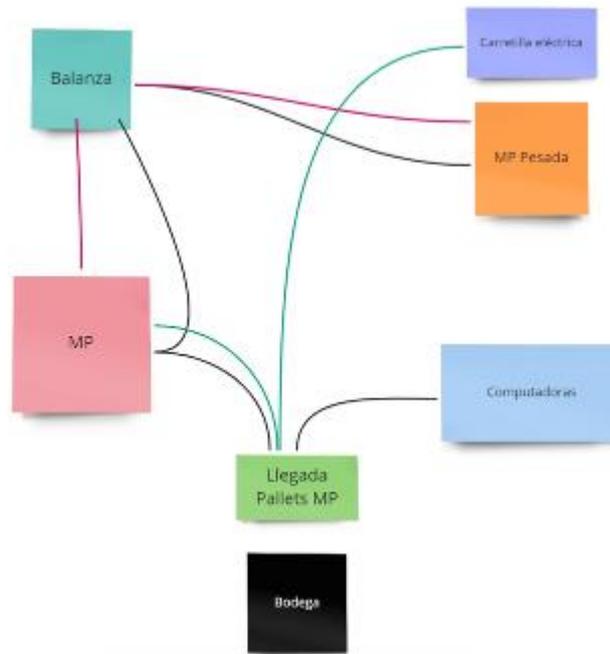


ANEXO 16: DISTRIBUCIÓN EMPÍRICA DEL TIEMPO ENTRE ARRIBOS DE PEDIDOS

Horas	Empirical_Distribution	Individual_Probabilities
0	0.02	0.02
1	0.18	0.16
2	0.48	0.30
3	0.56	0.08
4	0.70	0.14
5	0.74	0.04
6	0.74	0.00
7	0.78	0.04
8	0.88	0.10
9	0.90	0.02
10	0.98	0.08
11	0.98	0.00
12	0.98	0.00
13	1.00	0.02



ANEXO 17: DIAGRAMA DE SPAGHETTI PROCESO DE PESAJE



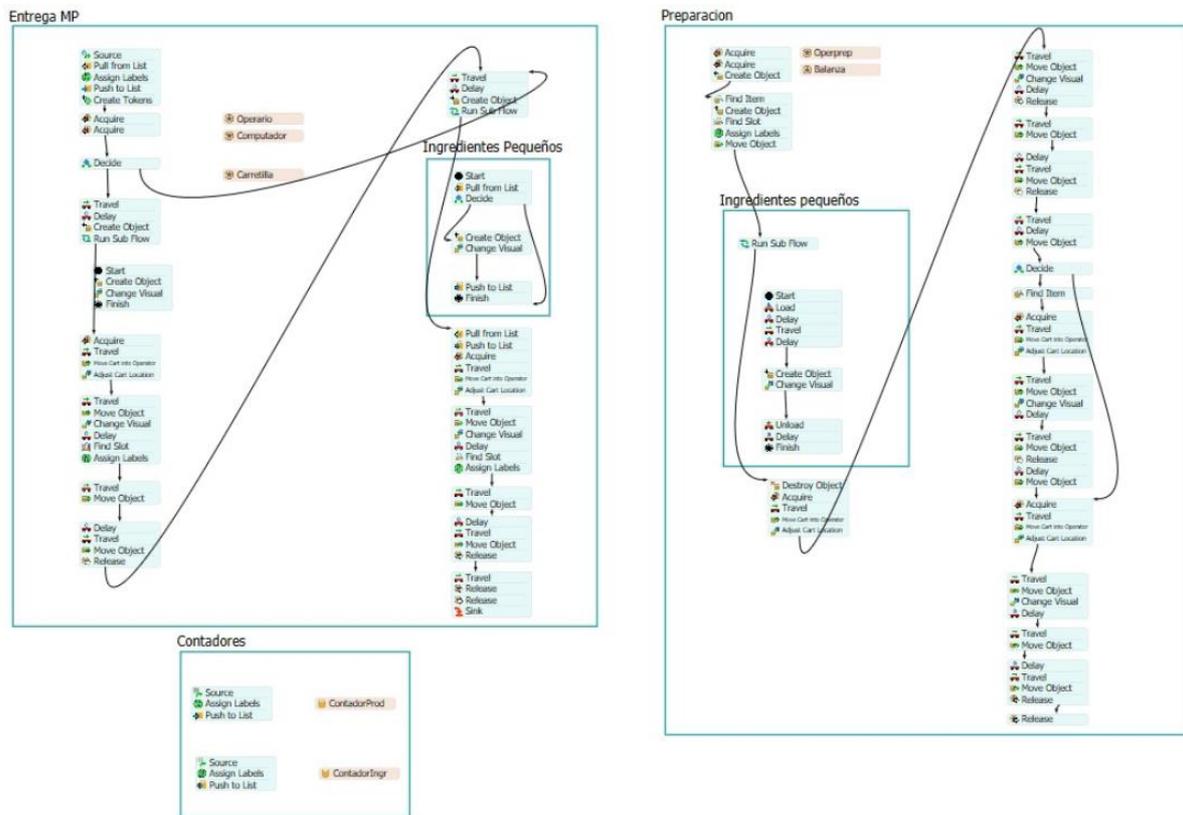
ANEXO 18: TABLA DE EQUIVALENCIAS DEL FLUJO DE PESAJE

Equivalencias multiplicadas por la cantidad diaria	Puntaje Final
1 pallet equivale a 1 unidad	3
1 unidad (saco o balde) equivale a 1 unidad	36
1 unidad pesada equivale a una unidad	18
1 inspeccion/revision equivale a una unidad	4
1 pallet con MP sobrante equivale a 1 unidad	3
1 pallet para devolver equivale a 1 unidad	3
1 inspeccion para devolver equivale a 1 unidad	3

ANEXO 19: MODELO DE FLEXSIM COMPARADO CON ÁREA REAL



ANEXO 20: PROCESS FLOW DEL PROCESO ACTUAL



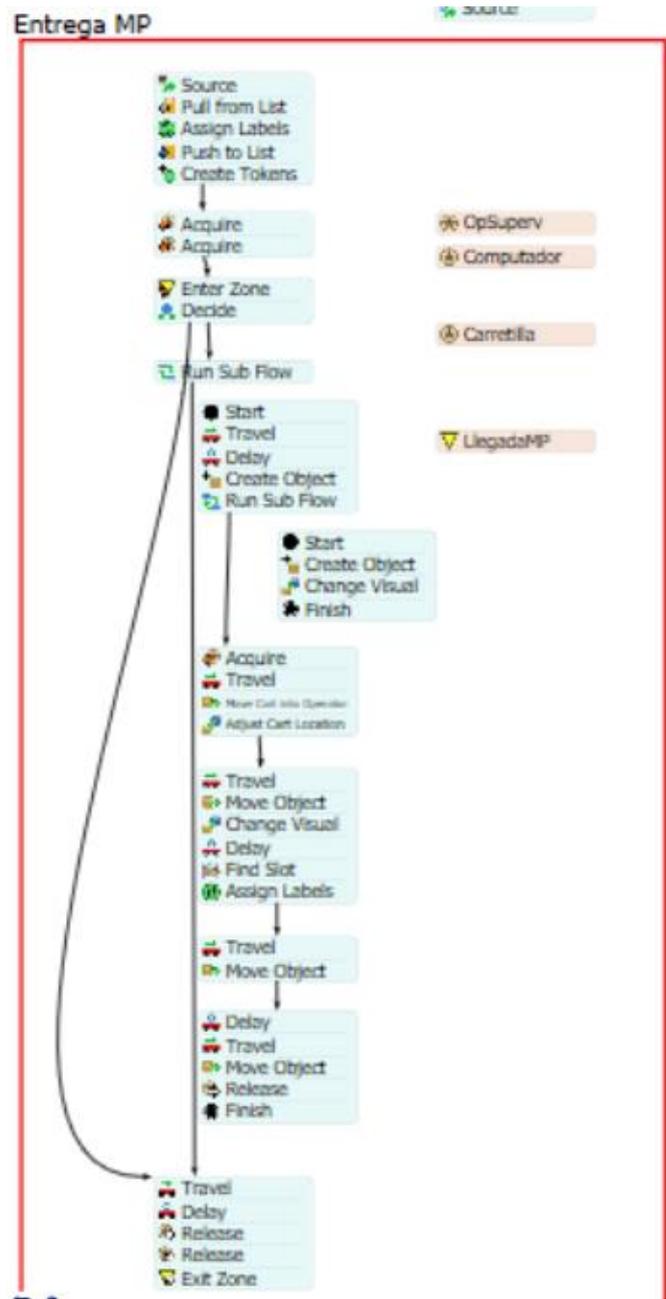
ANEXO 21: TABLA DE PRODUCTOS E INGREDIENTES

Azucar	Vitaminas	Gomas	Sales	Acidos	Color	Aromas	Aceites	Lacteos	Alergenos
1	1	1	0	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	1	0	1	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

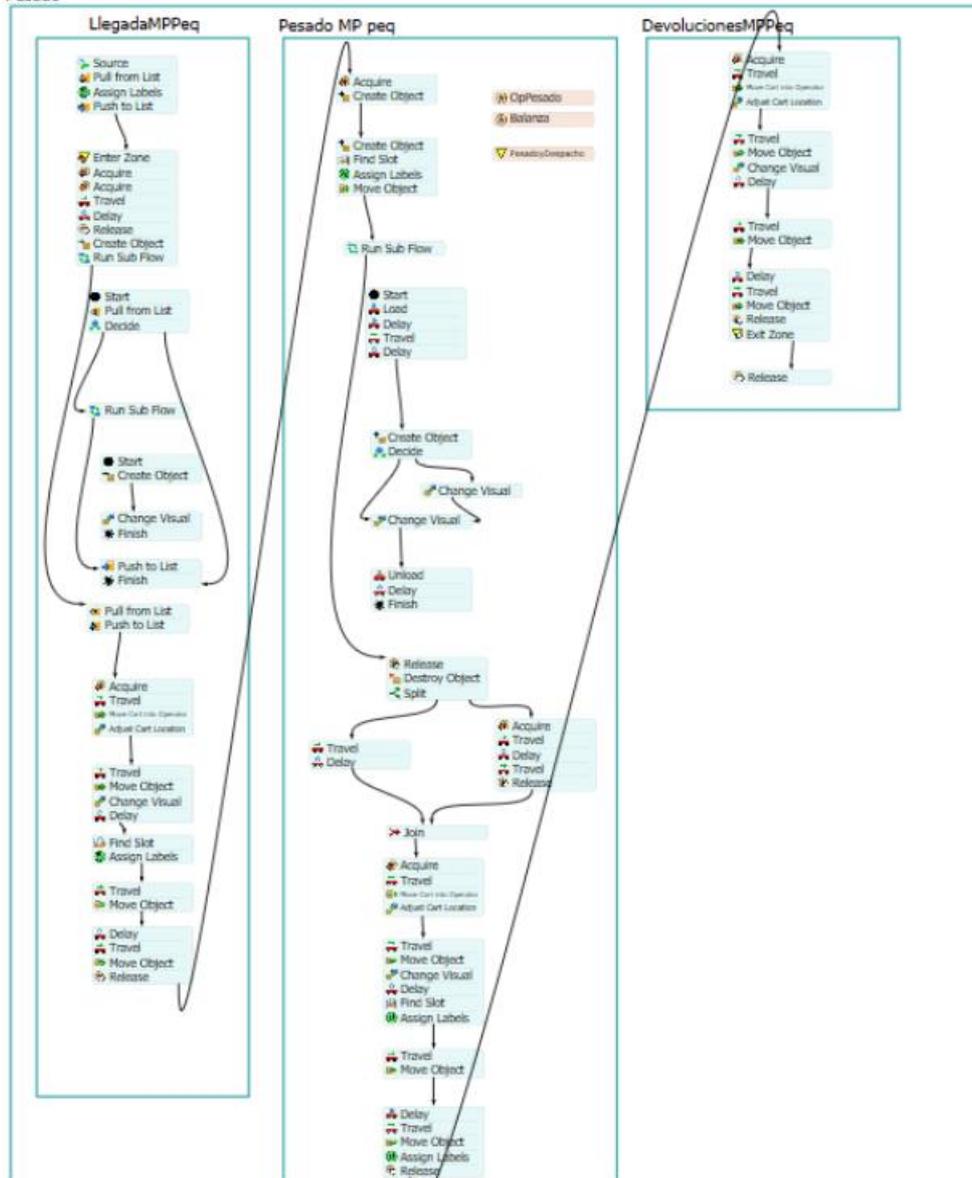
ANEXO 22: TABLA PARA VALIDACIÓN DEL MODELO ACTUAL

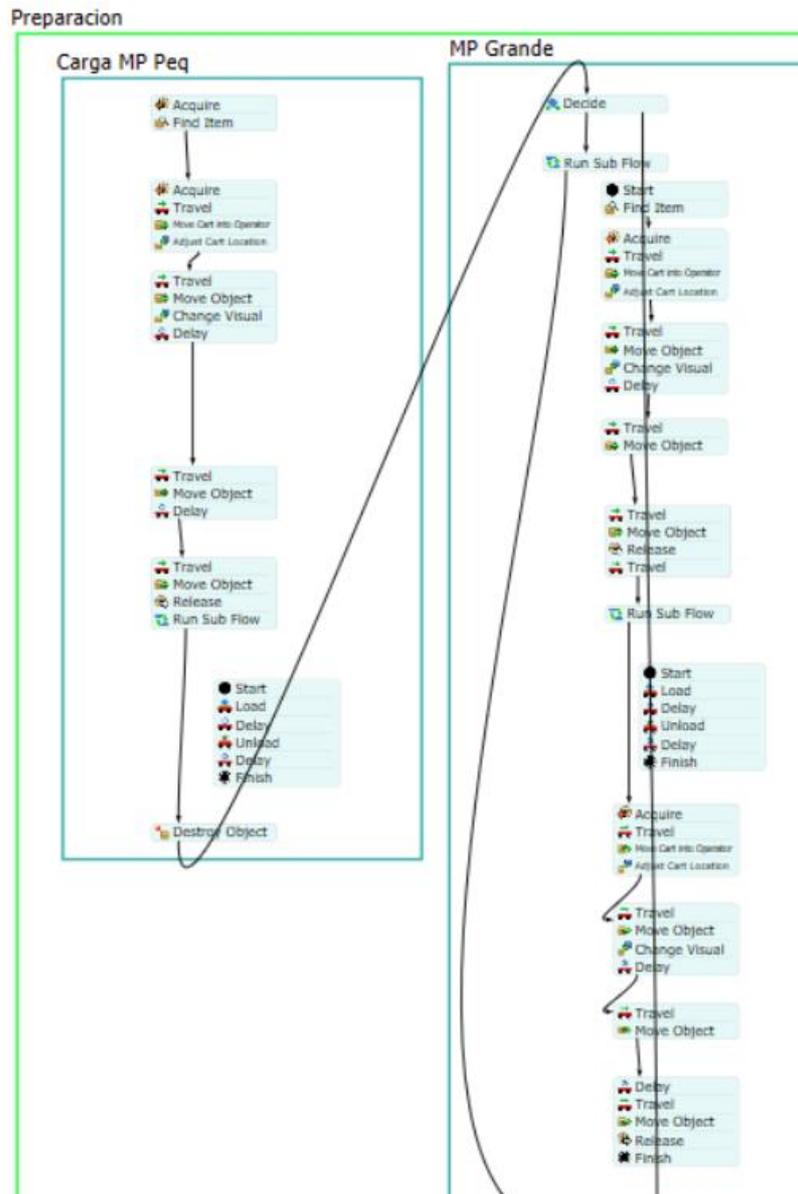
Producción Real	Producción Simulada
20	28
28	25
30	26
20	23
20	30
23	28
21	28
27	25
26	22
23	30
33	26
22	28
25	27

ANEXO 23: PROCESS FLOW PROCESO PROPUESTO



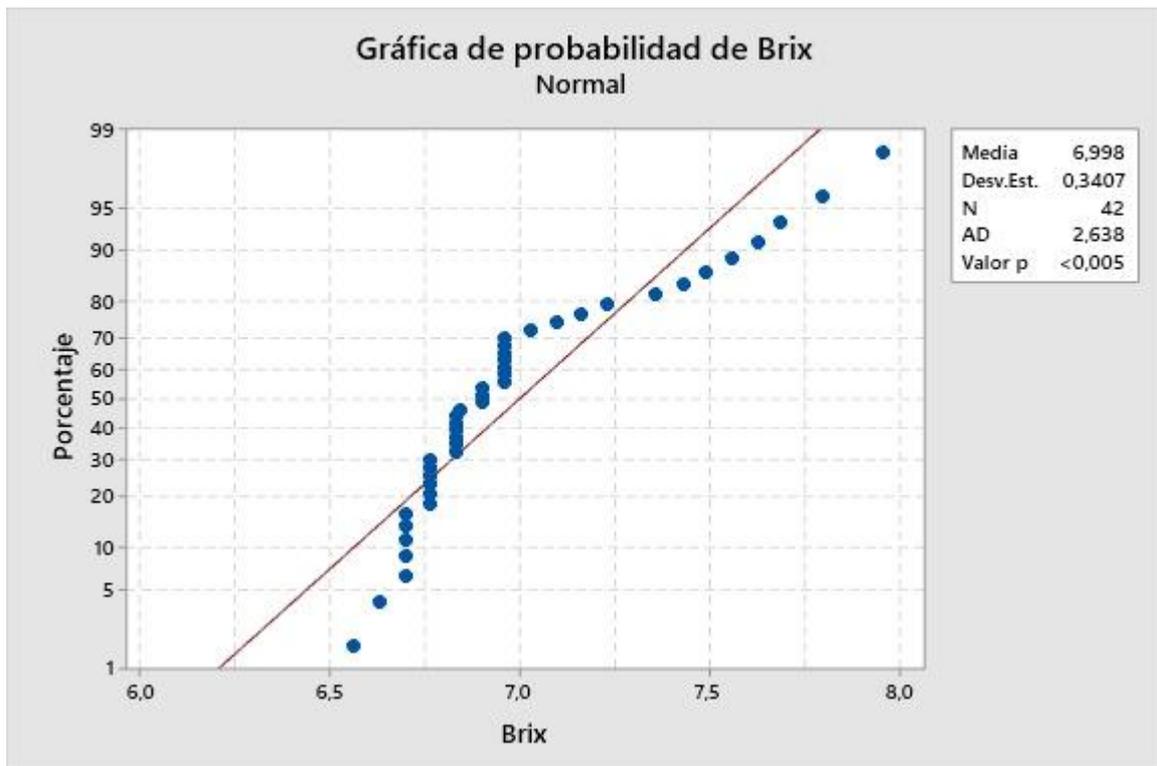
Pesado

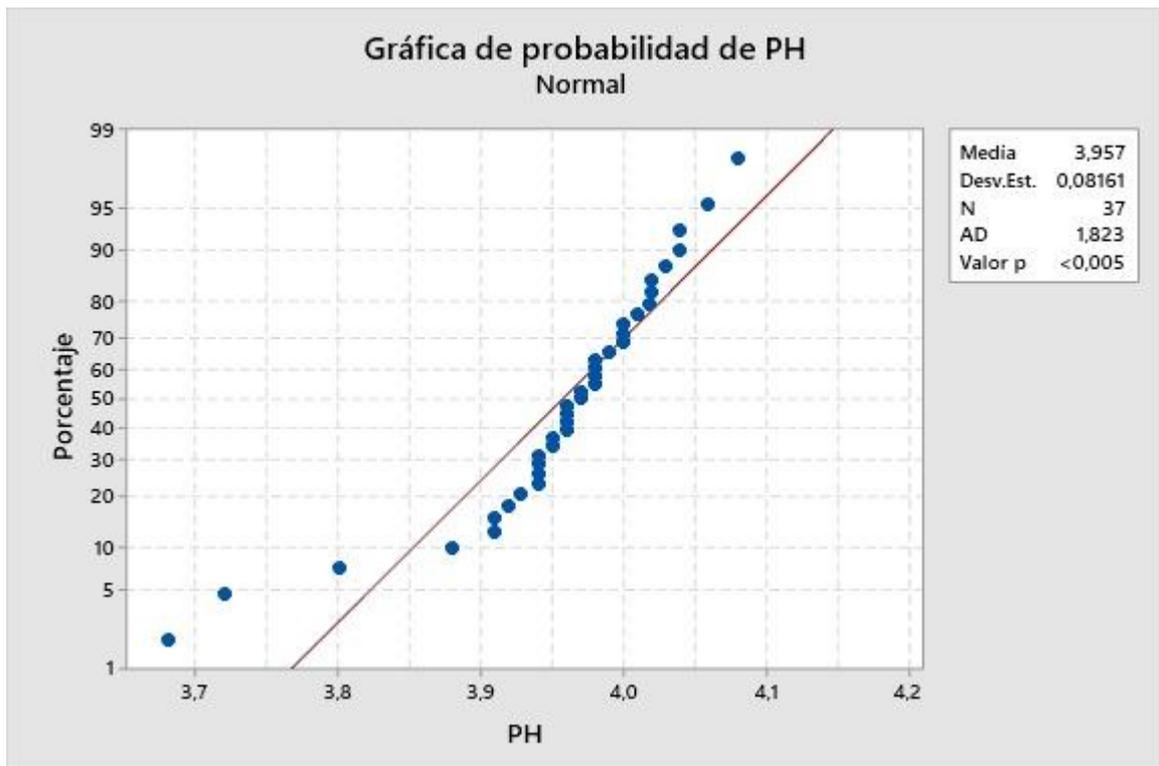
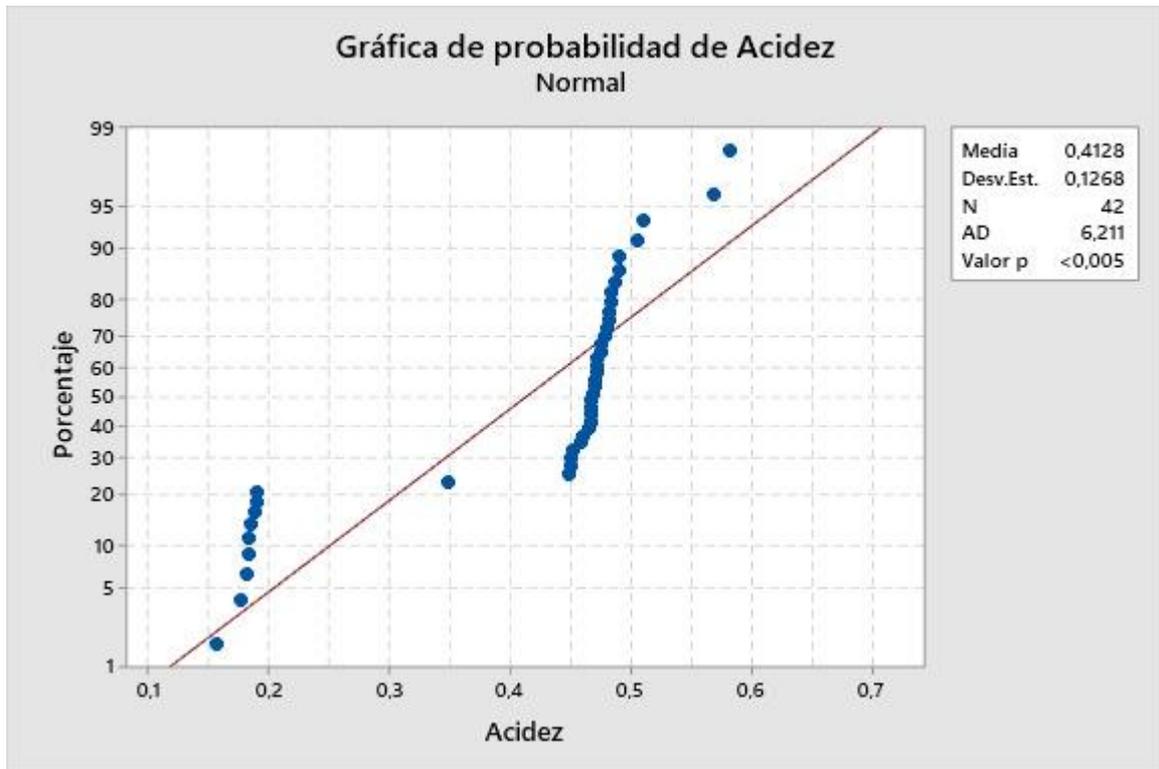




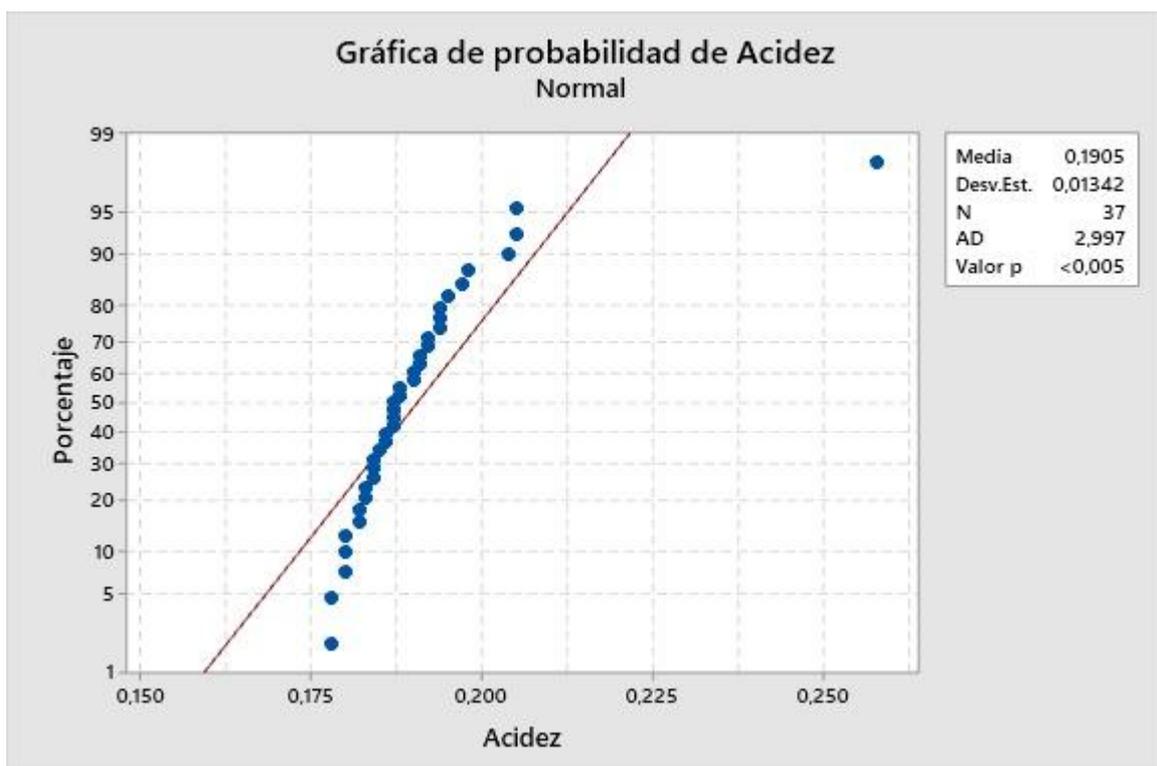
ANEXO 24: ANÁLISIS DE COSTOS PARA LOS MEJORES ESCENARIOS

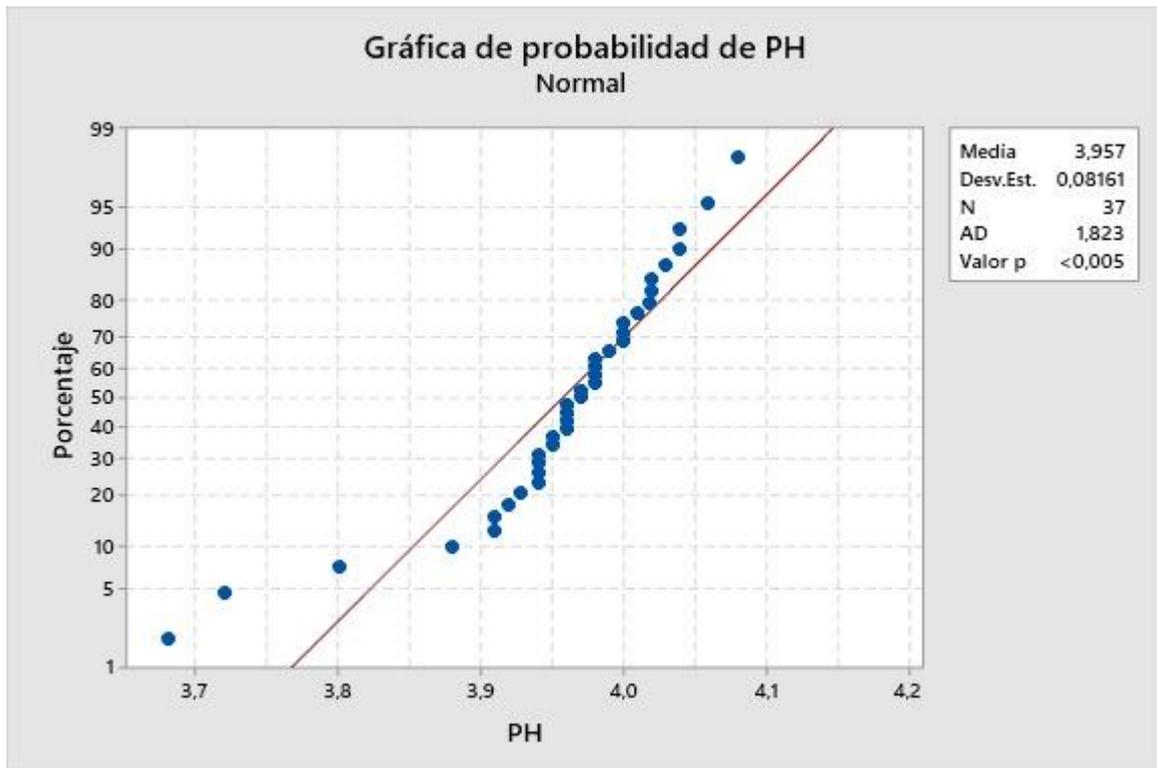
Escenario	Costo de gavetas	Costo de agregar espacios	Total
Propuesto + 4 espacios	\$0	\$2570	\$2570
Propuesto + 2 espacios y gavetas	\$150	\$70	\$220
Propuesto +4 espacios y gavetas	\$200	\$2570	\$2770

ANEXO 25: PRUEBAS DE NORMALIDAD**JUGOS****NARANJA**

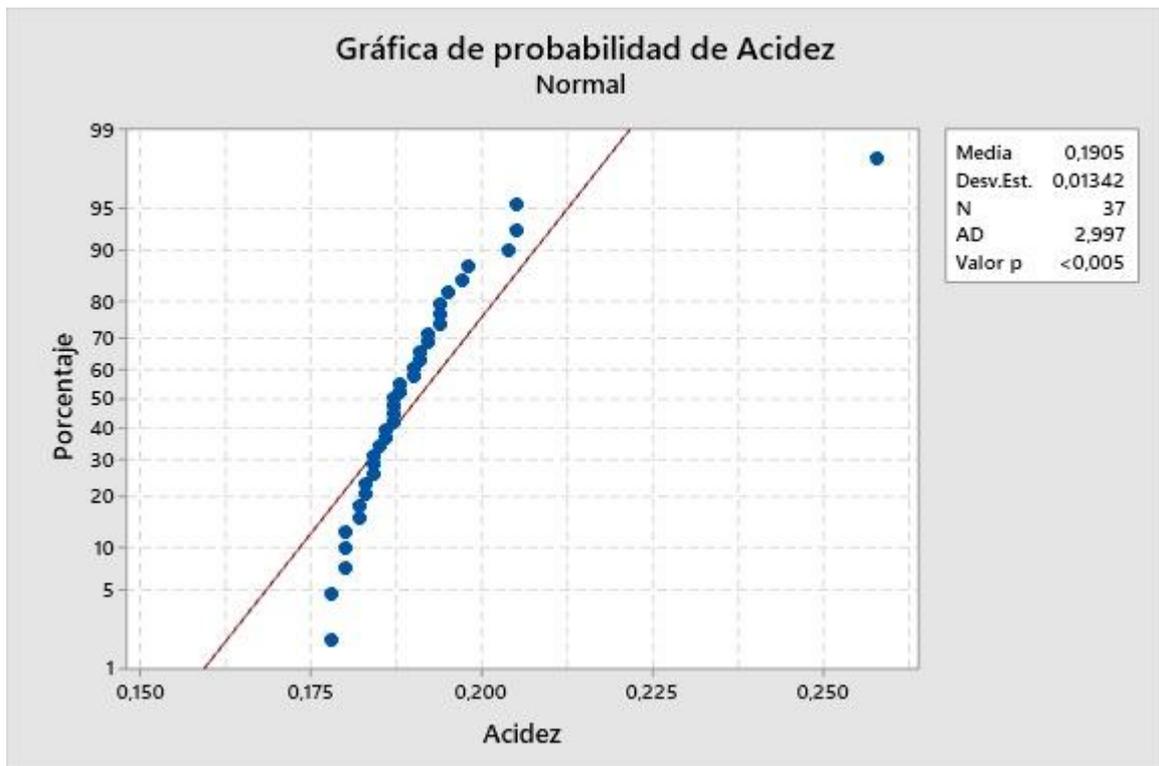
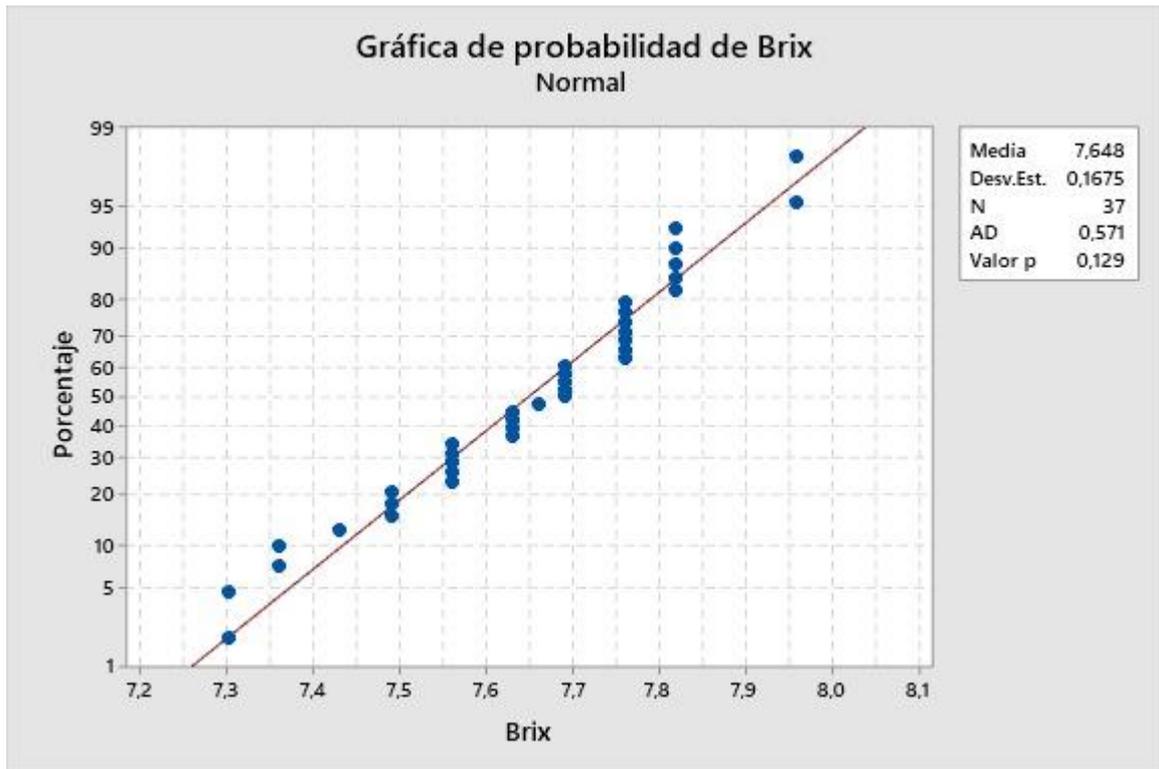


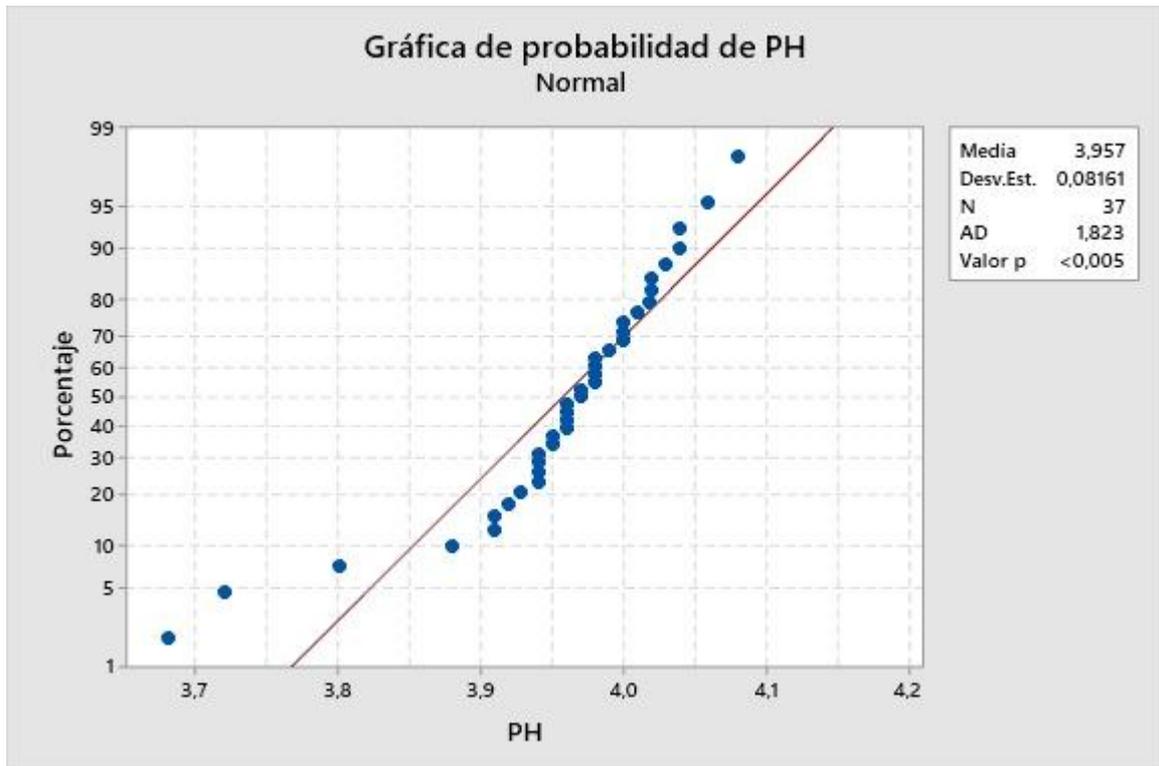
DURAZNO



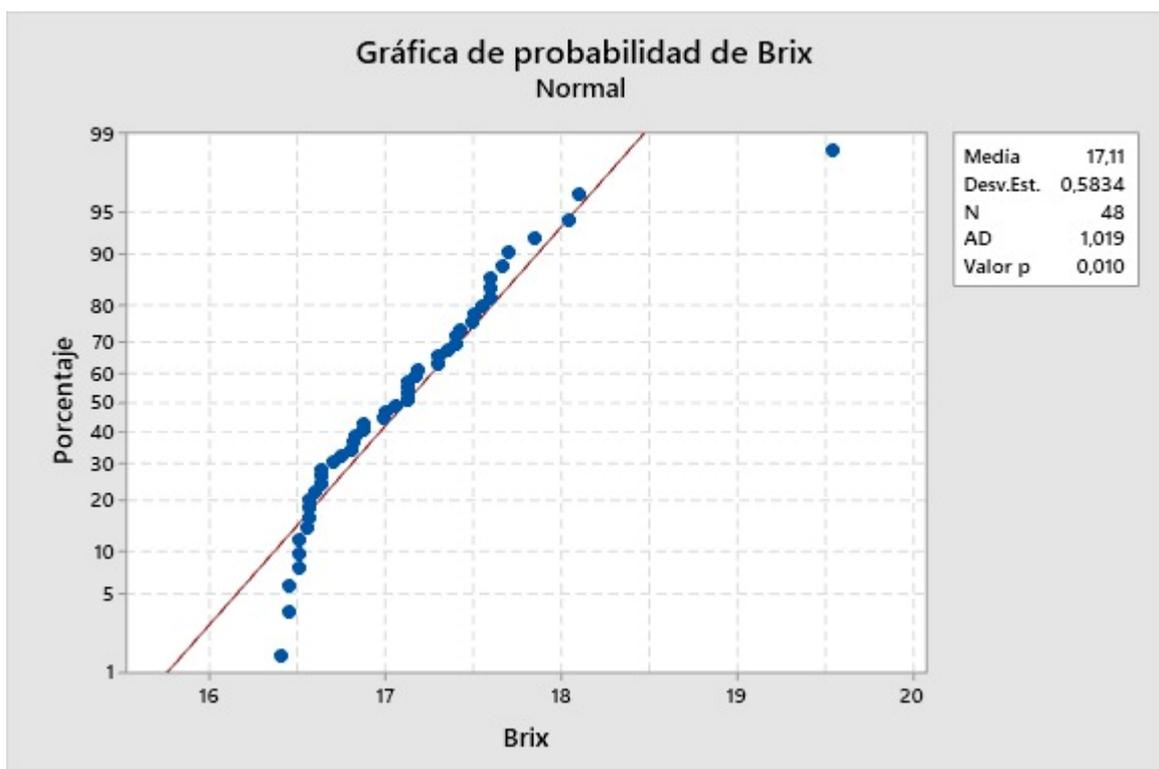


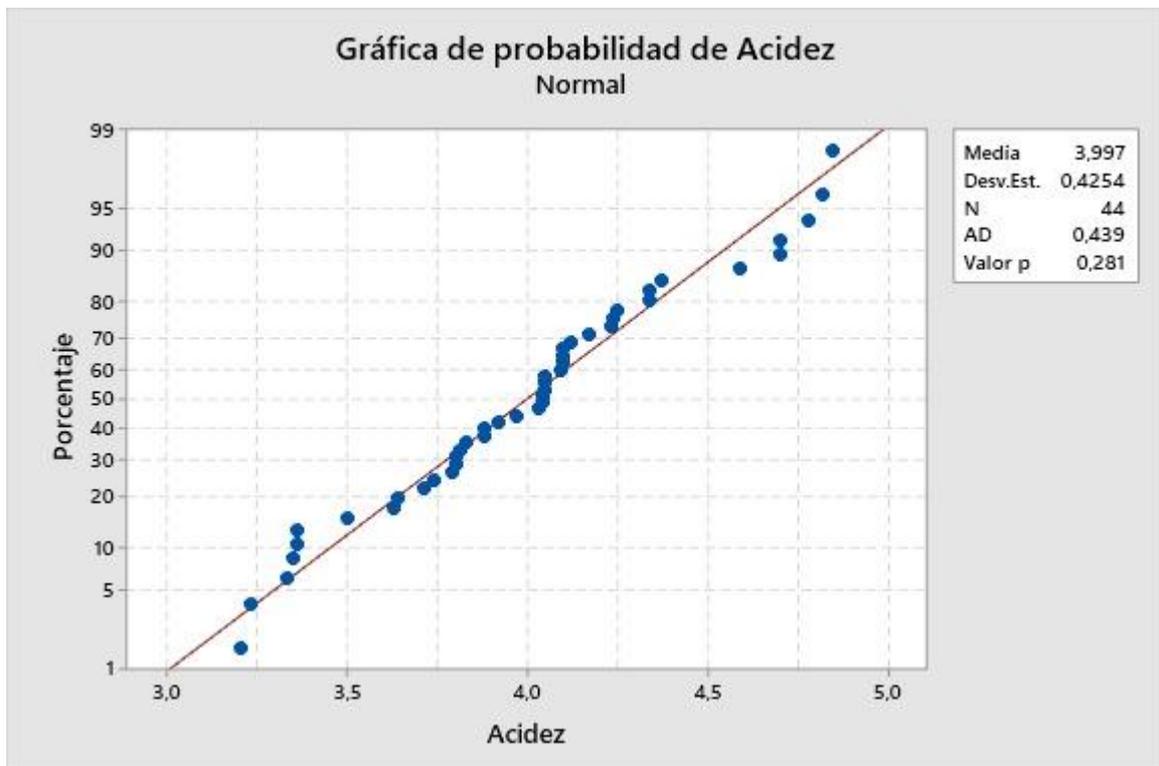
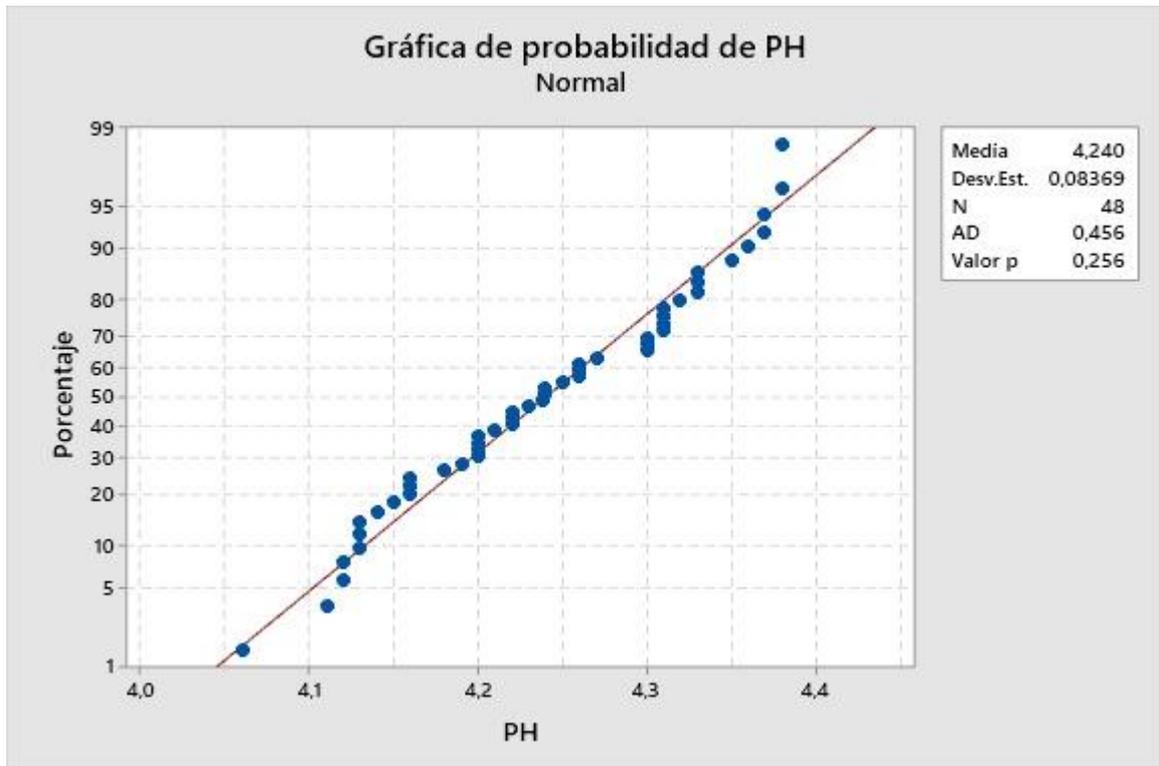
YOGURT



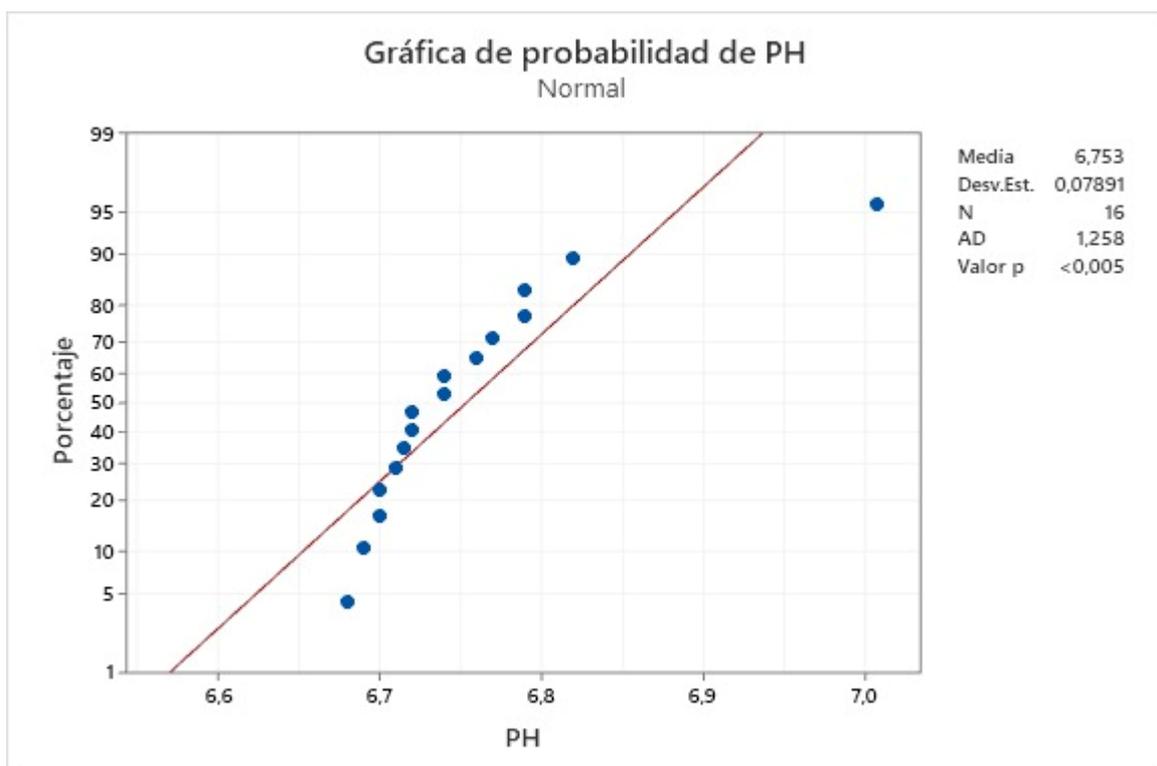
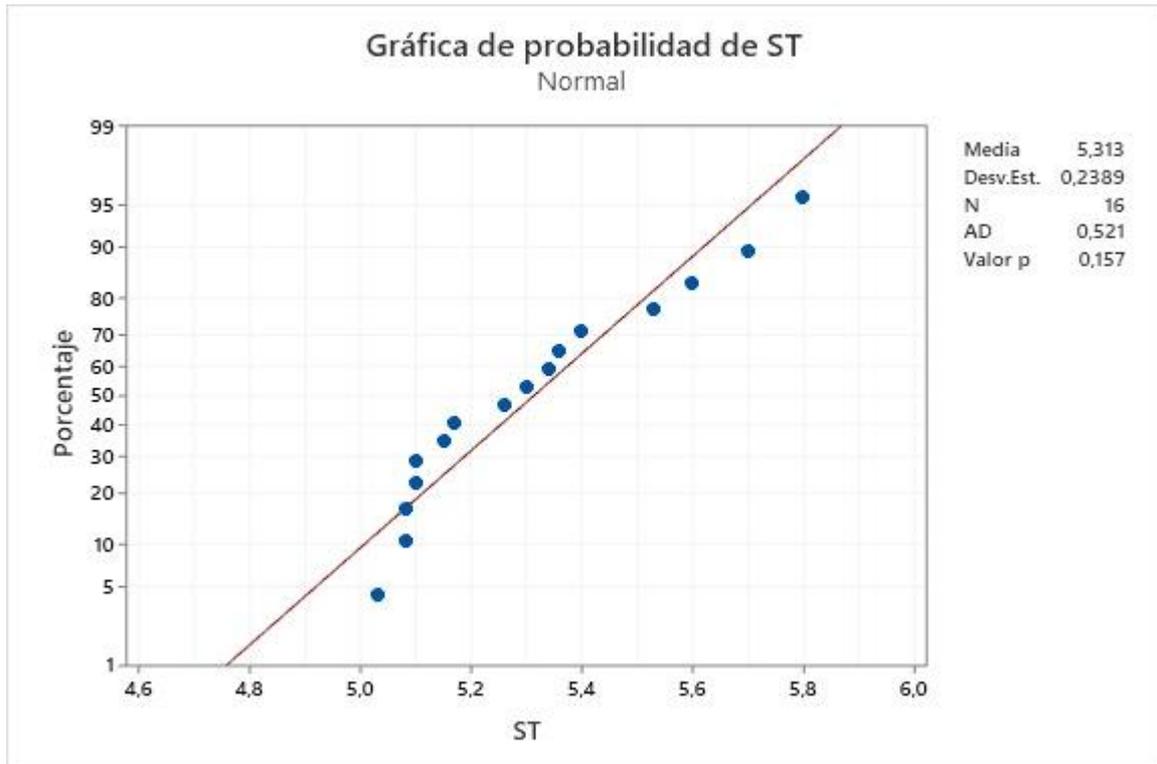


CREMA DE LECHE

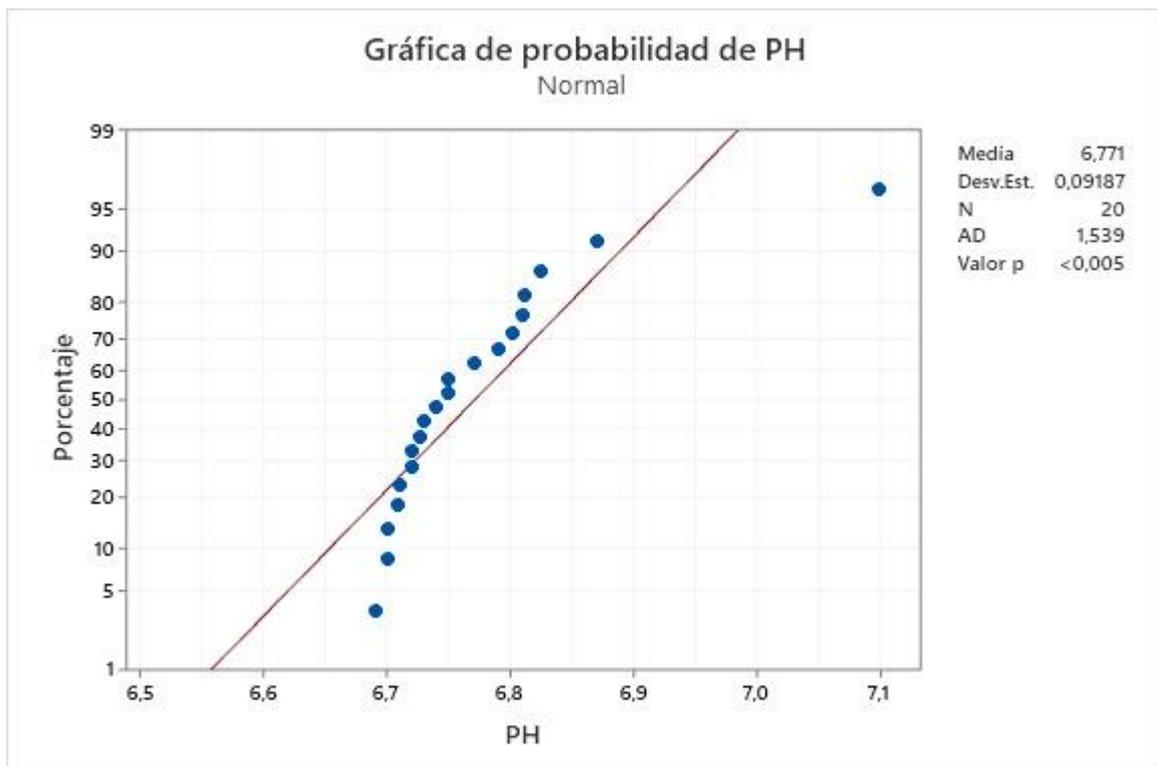
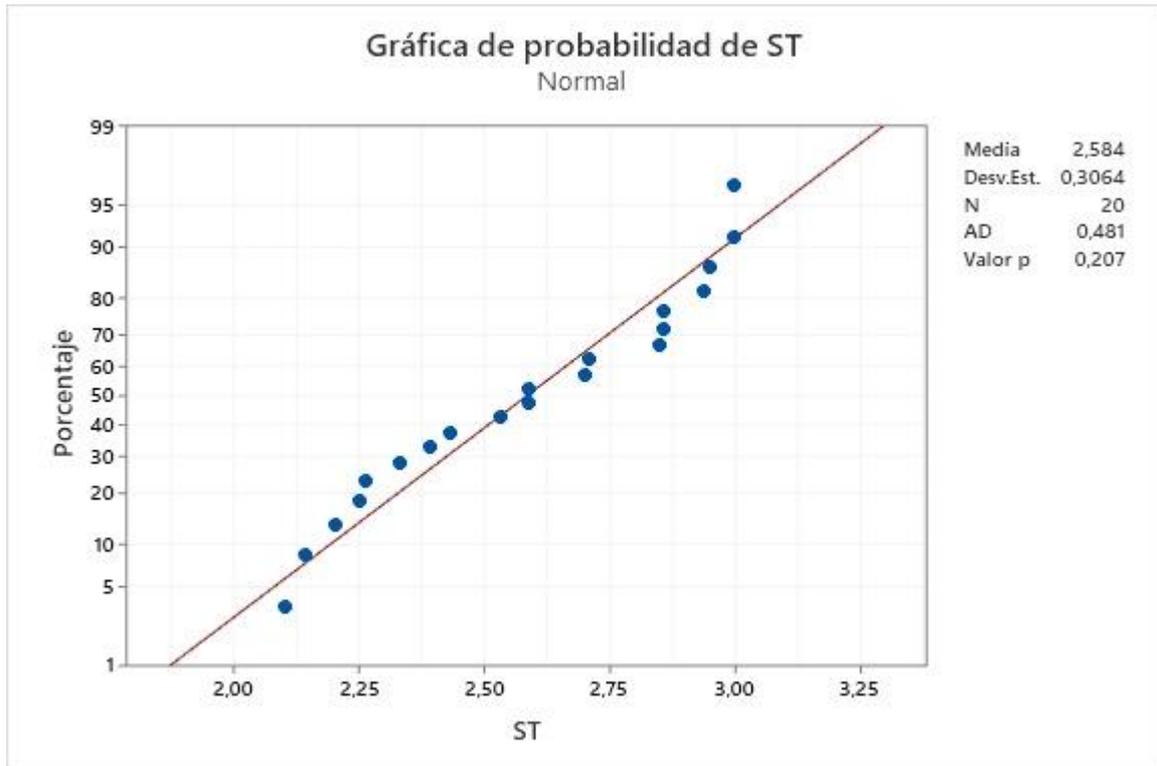




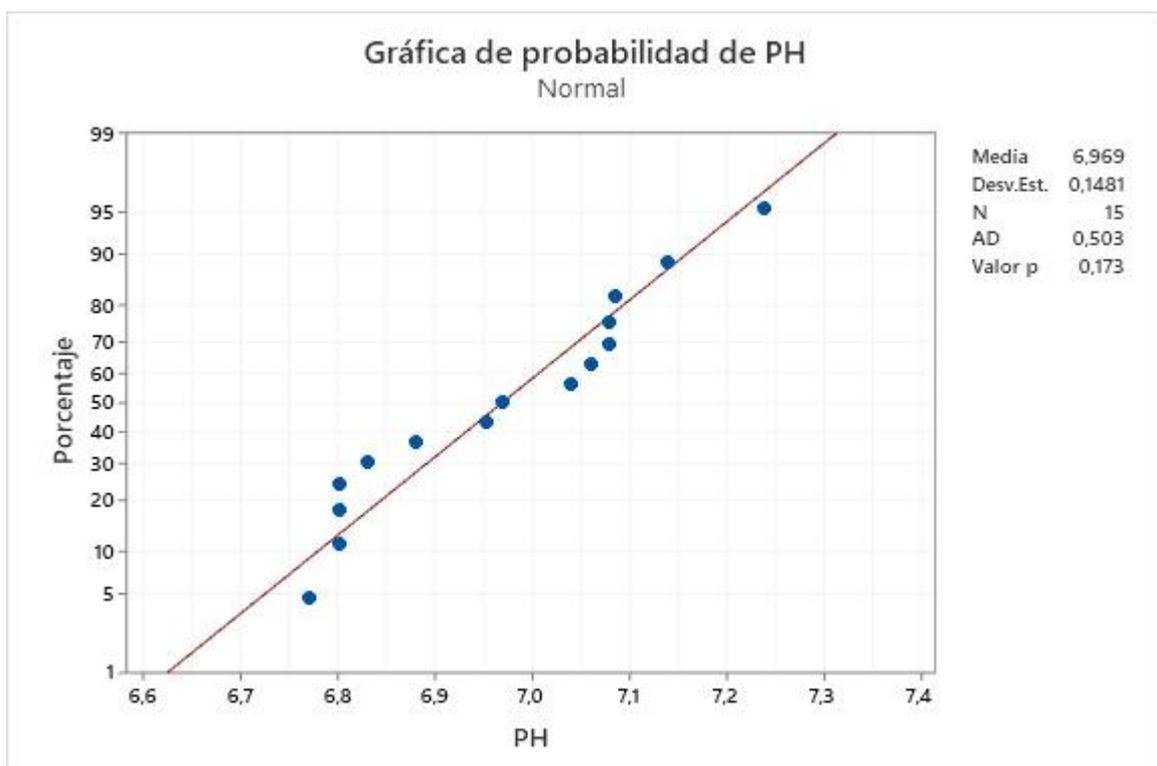
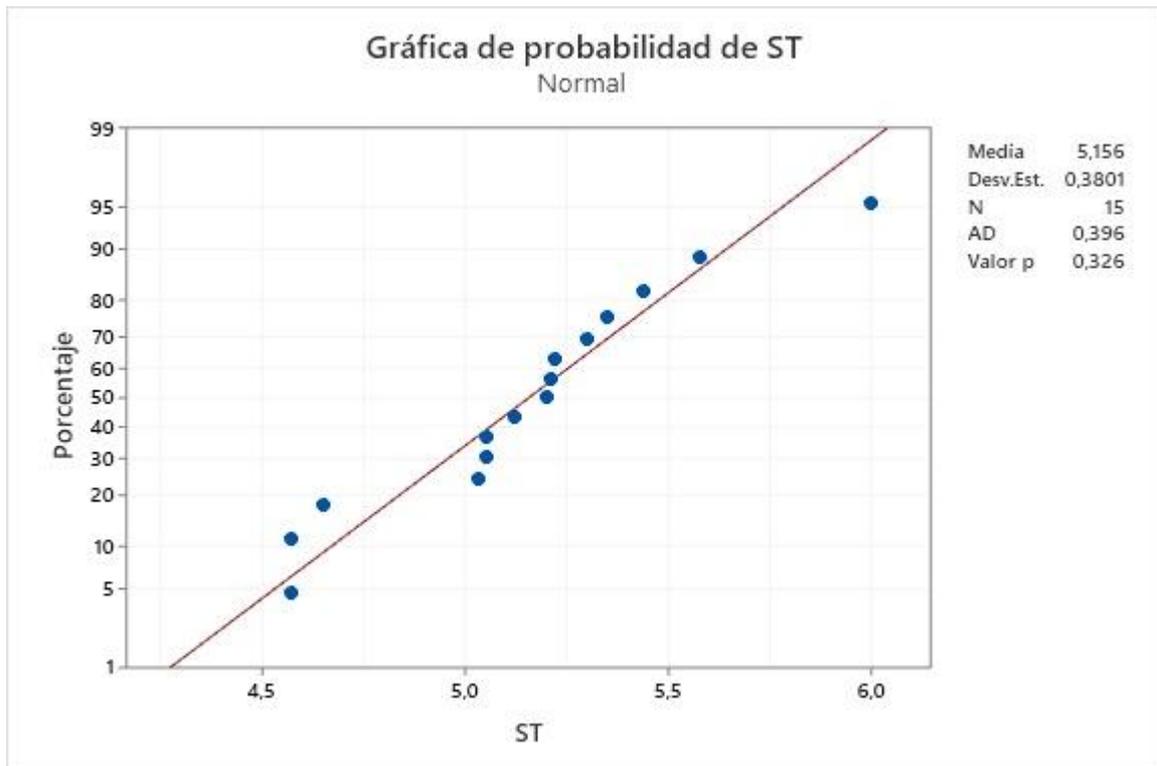
ALM C/A



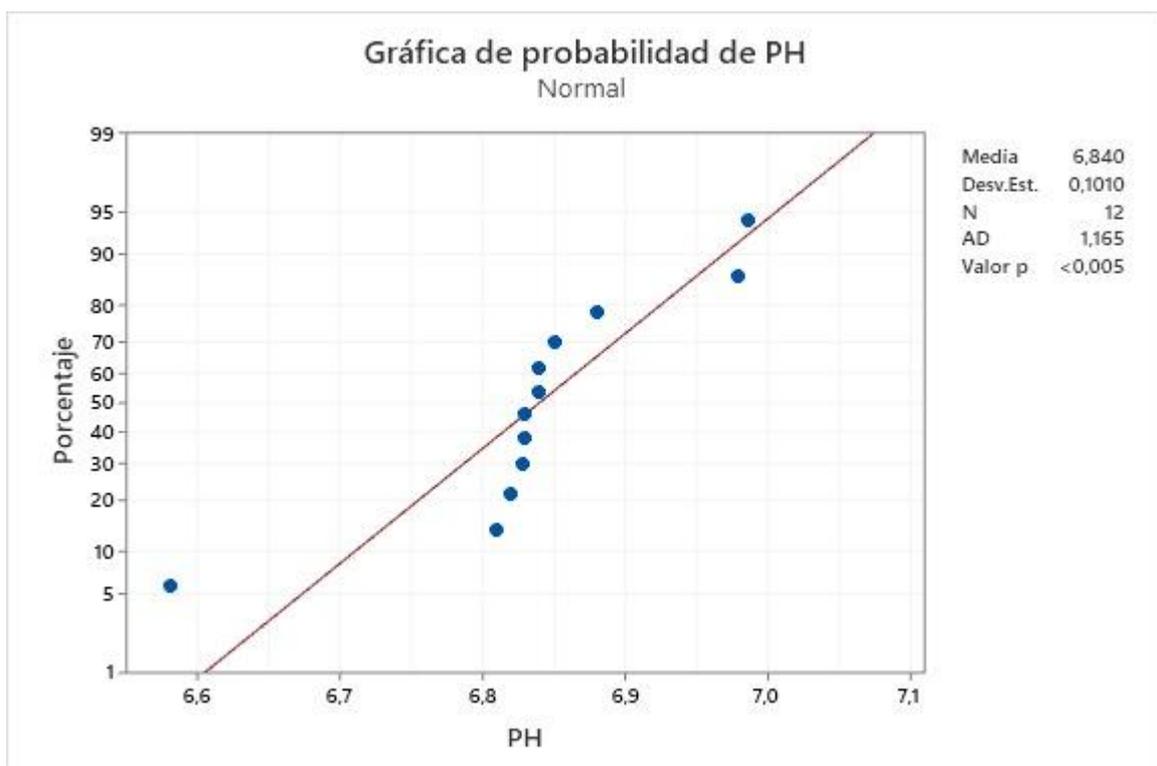
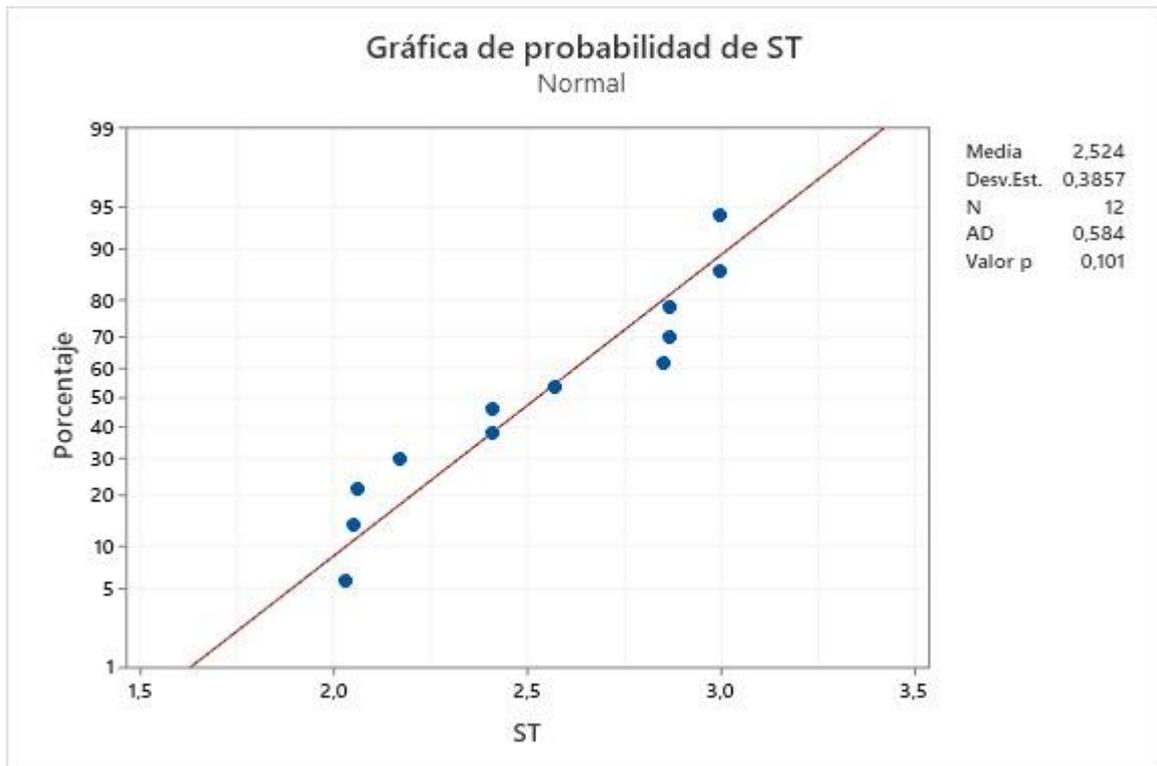
ALM S/A



COCO C/A



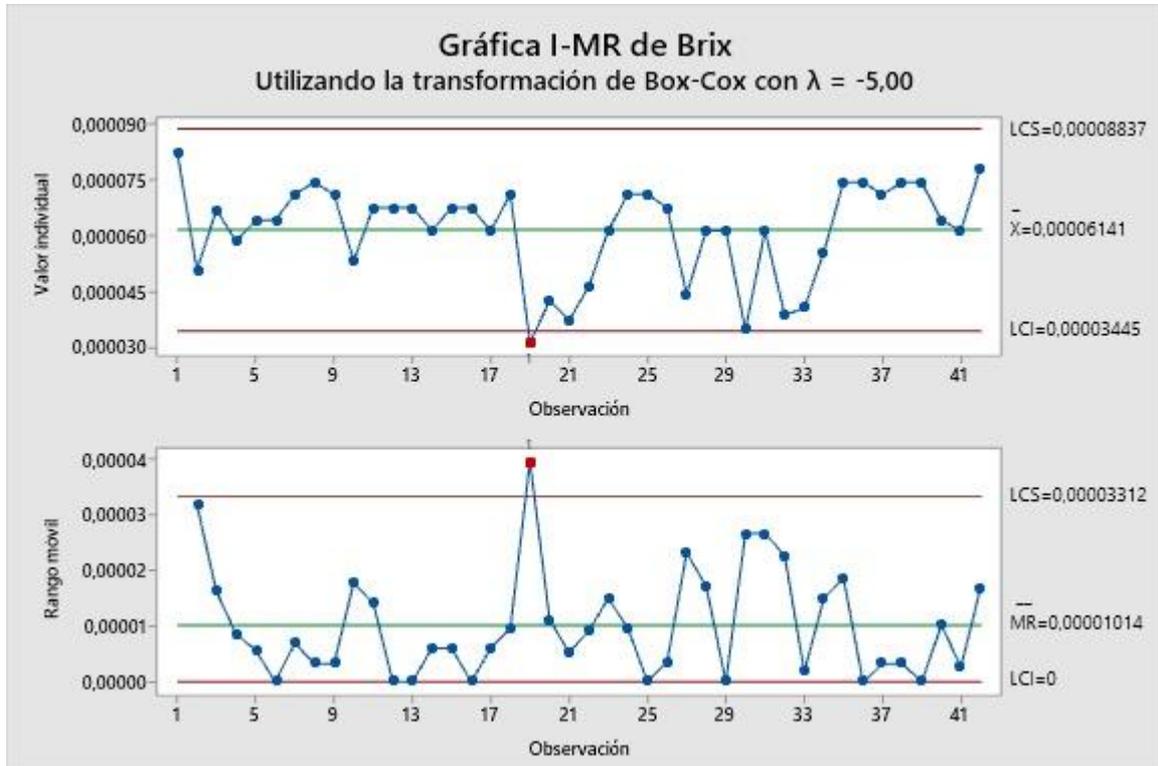
COCO S/A

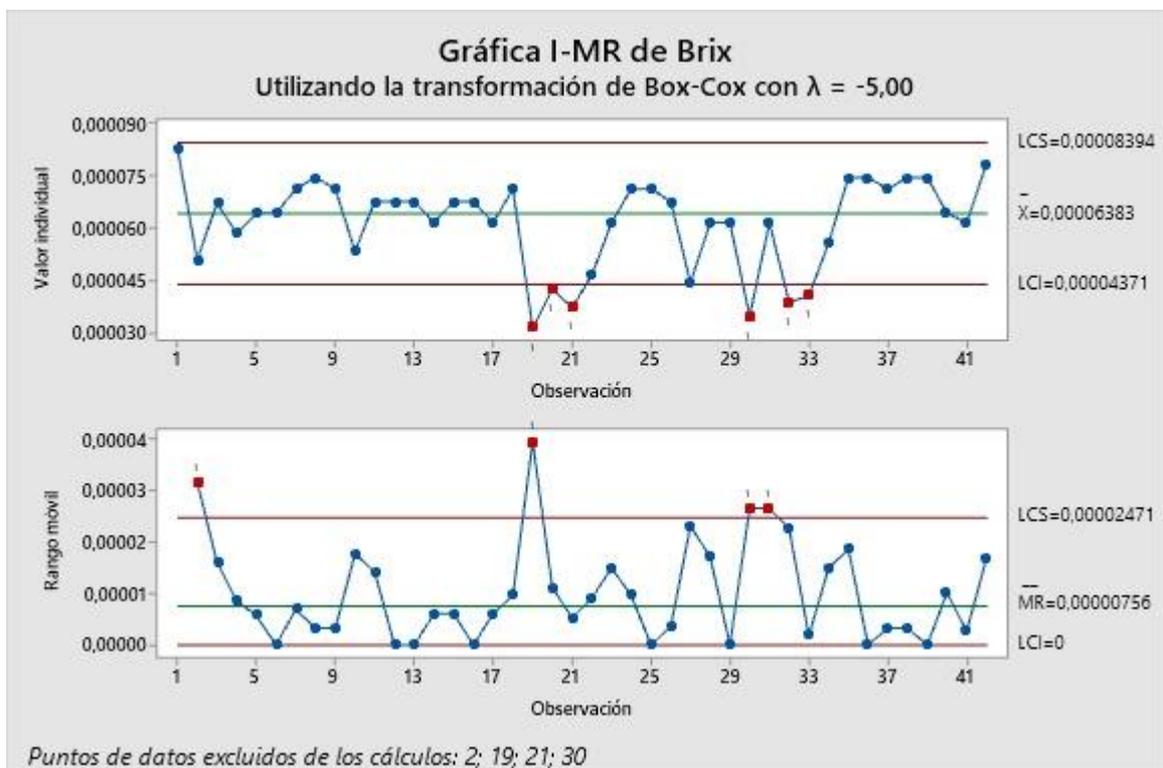
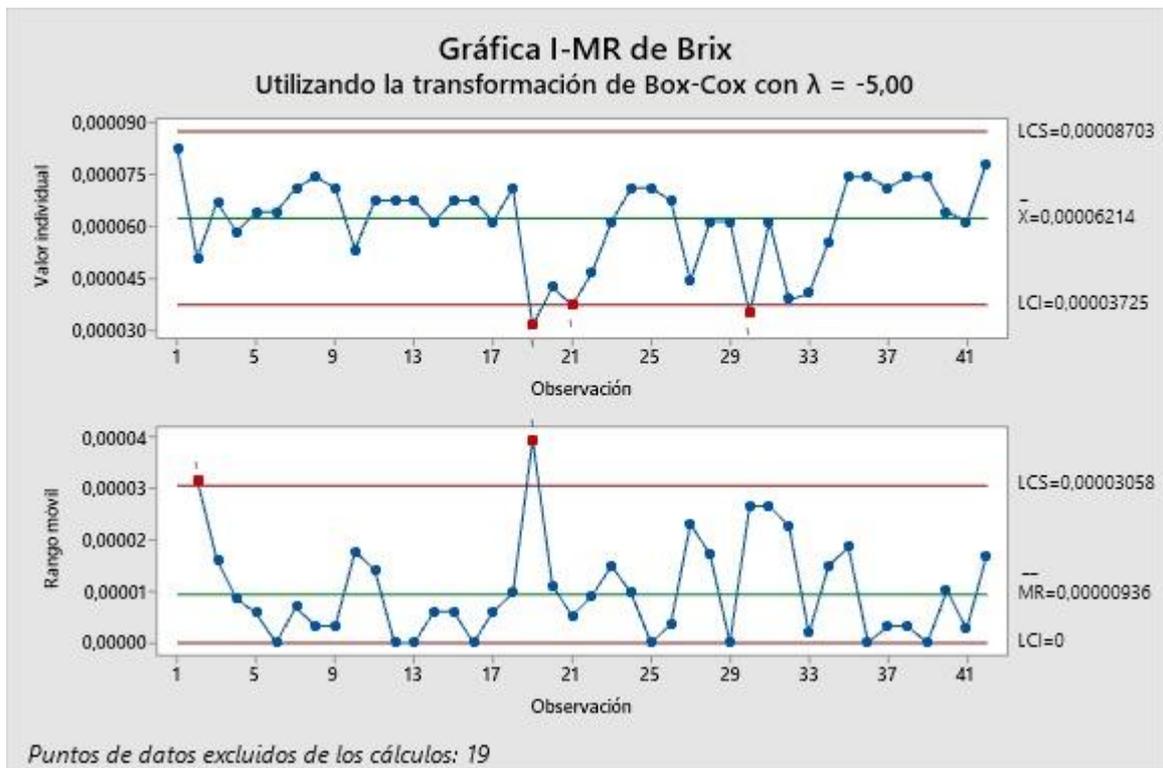


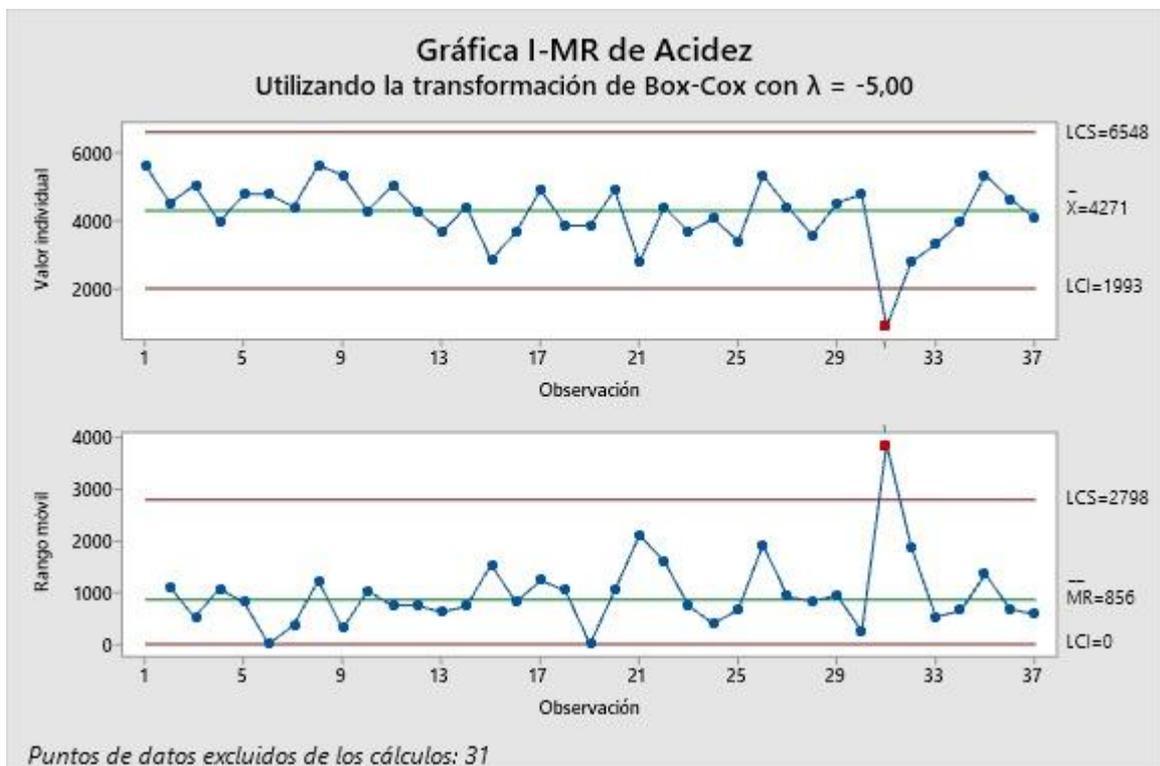
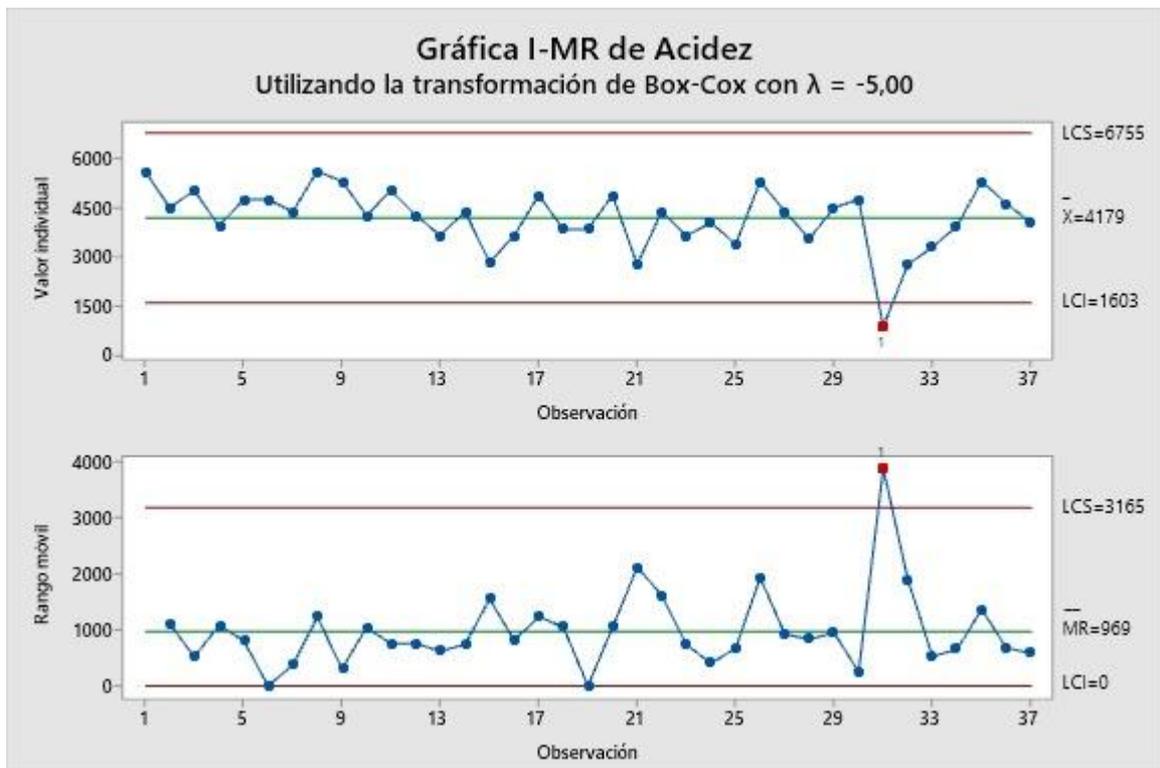
ANEXO 26: GRÁFICAS DE RANGOS DE LIBERACIÓN

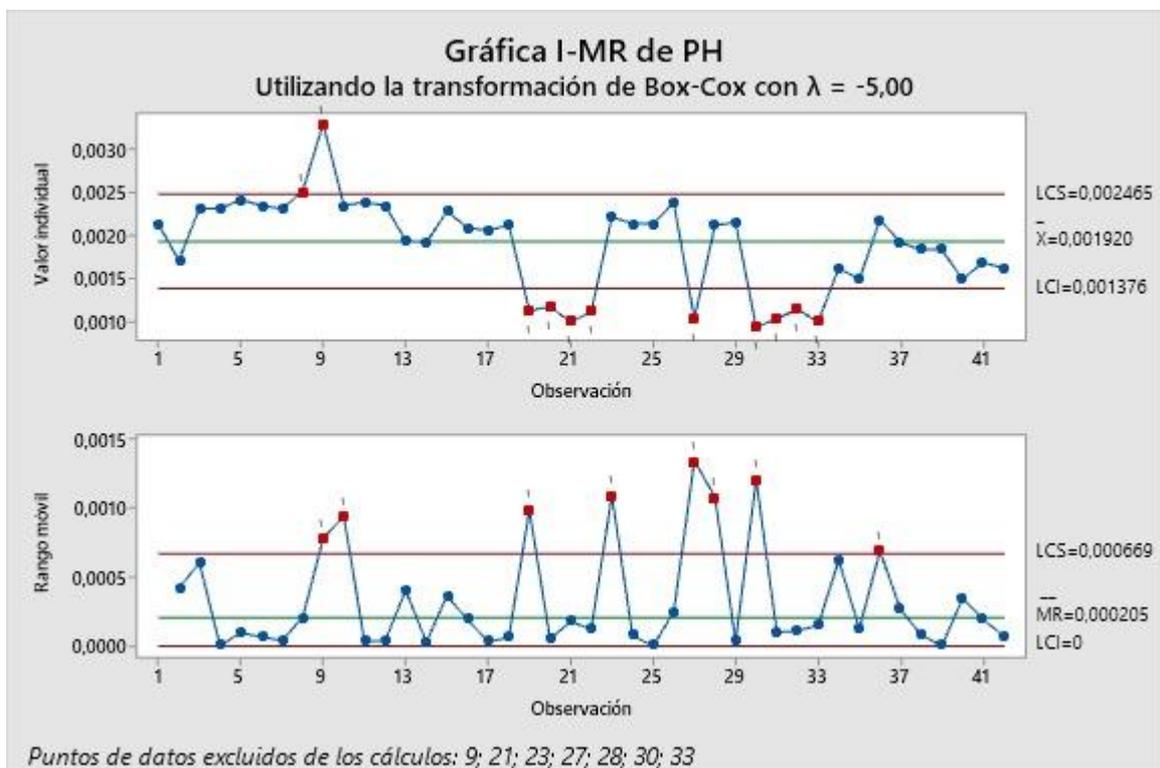
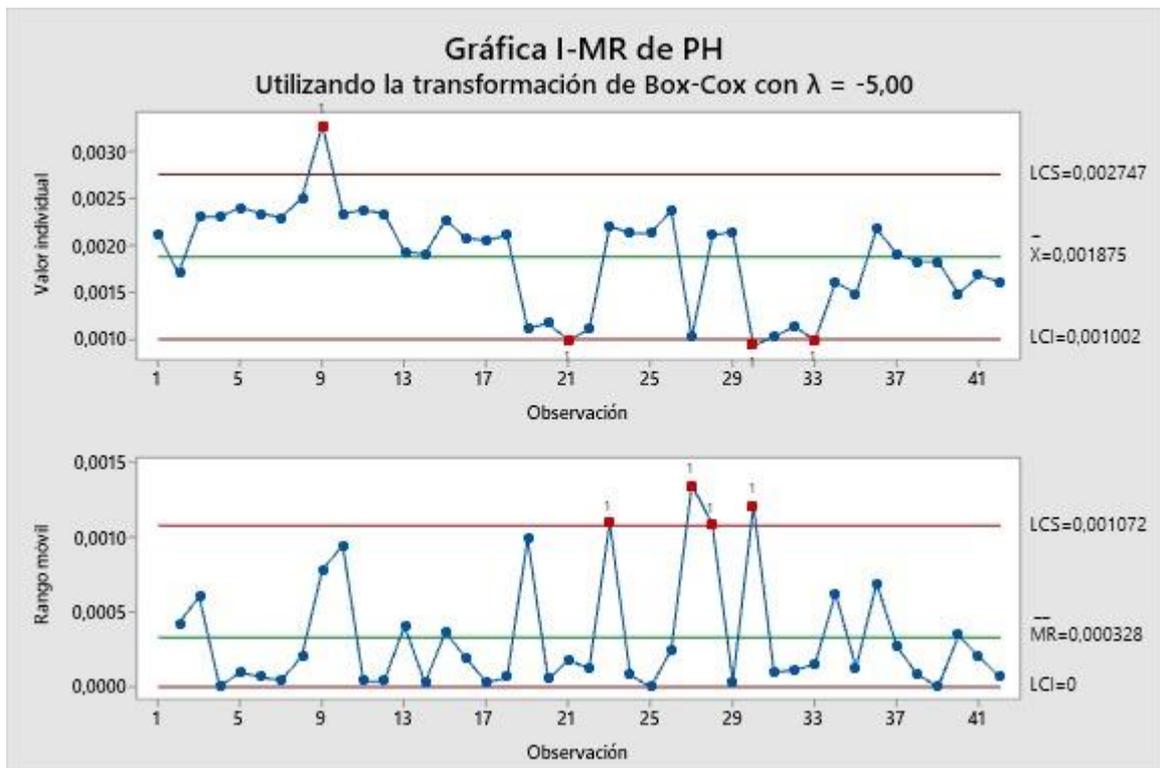
JUGOS

NARANJA

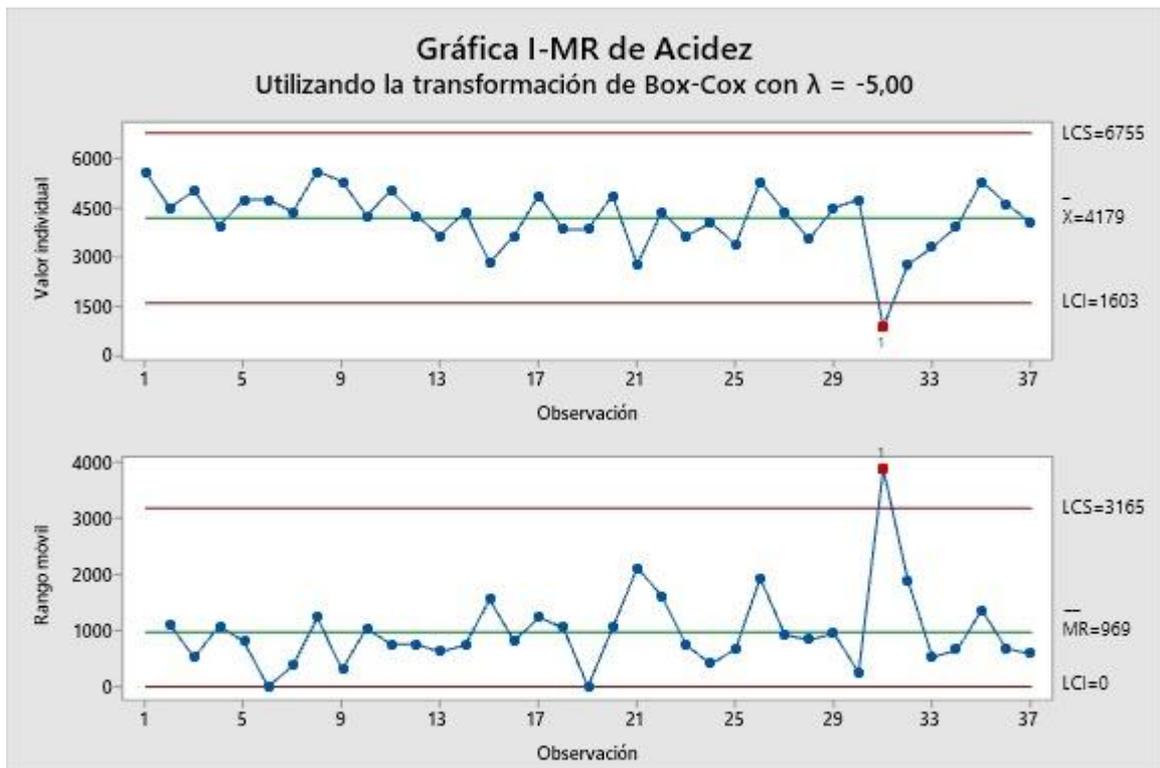
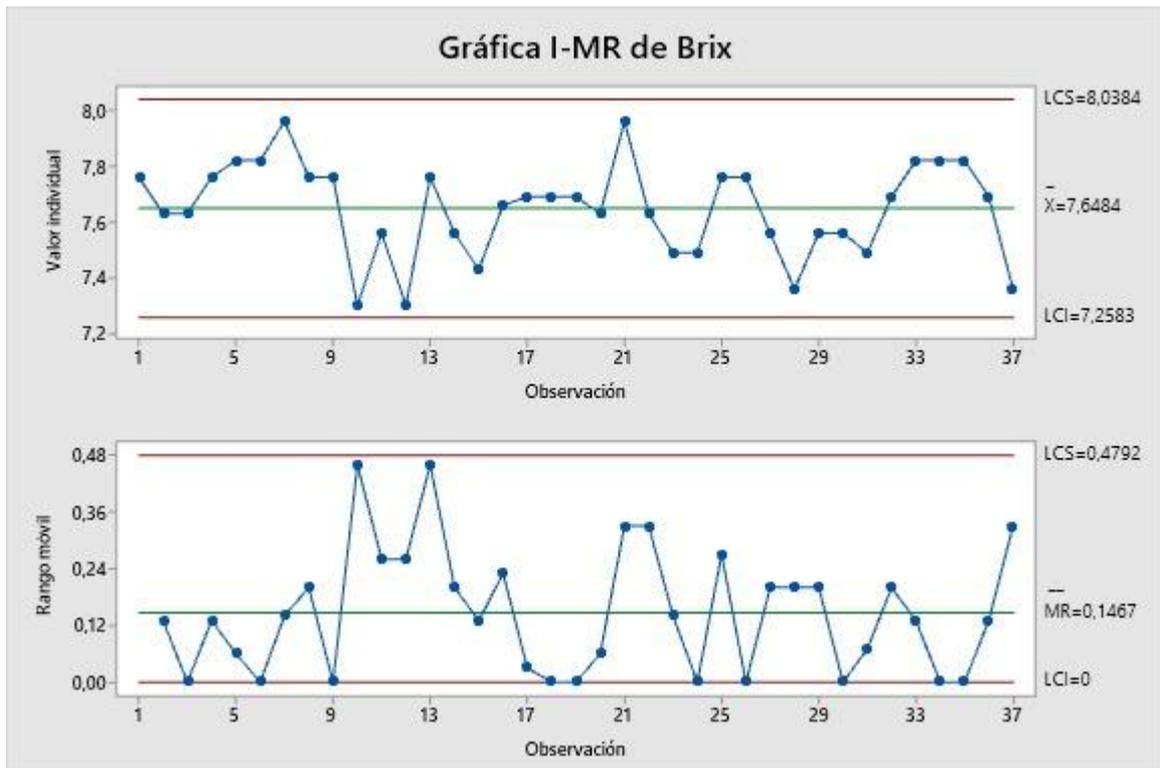


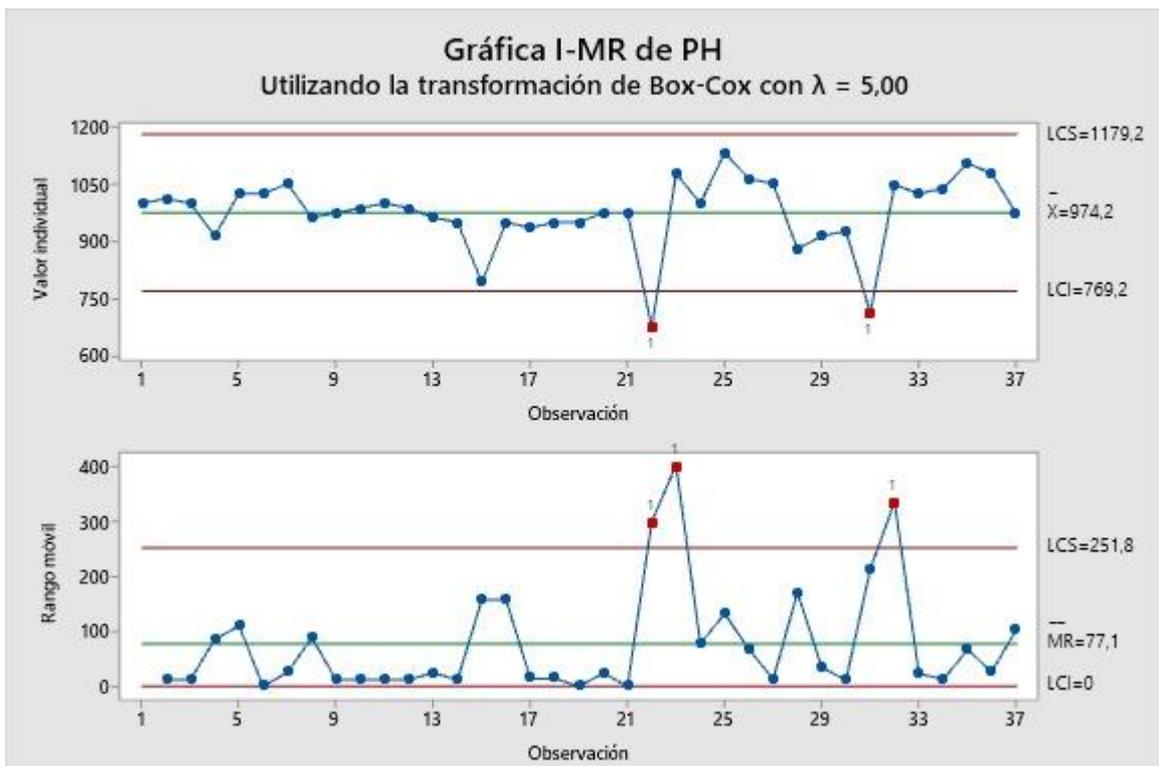
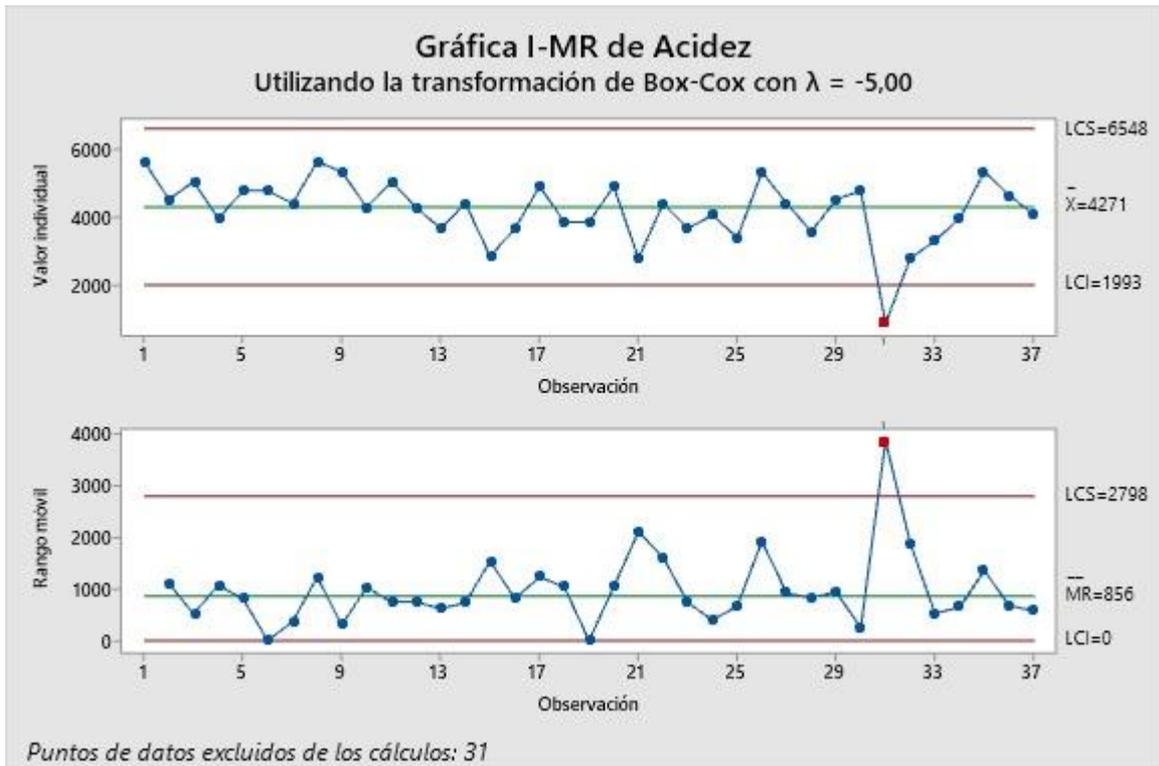


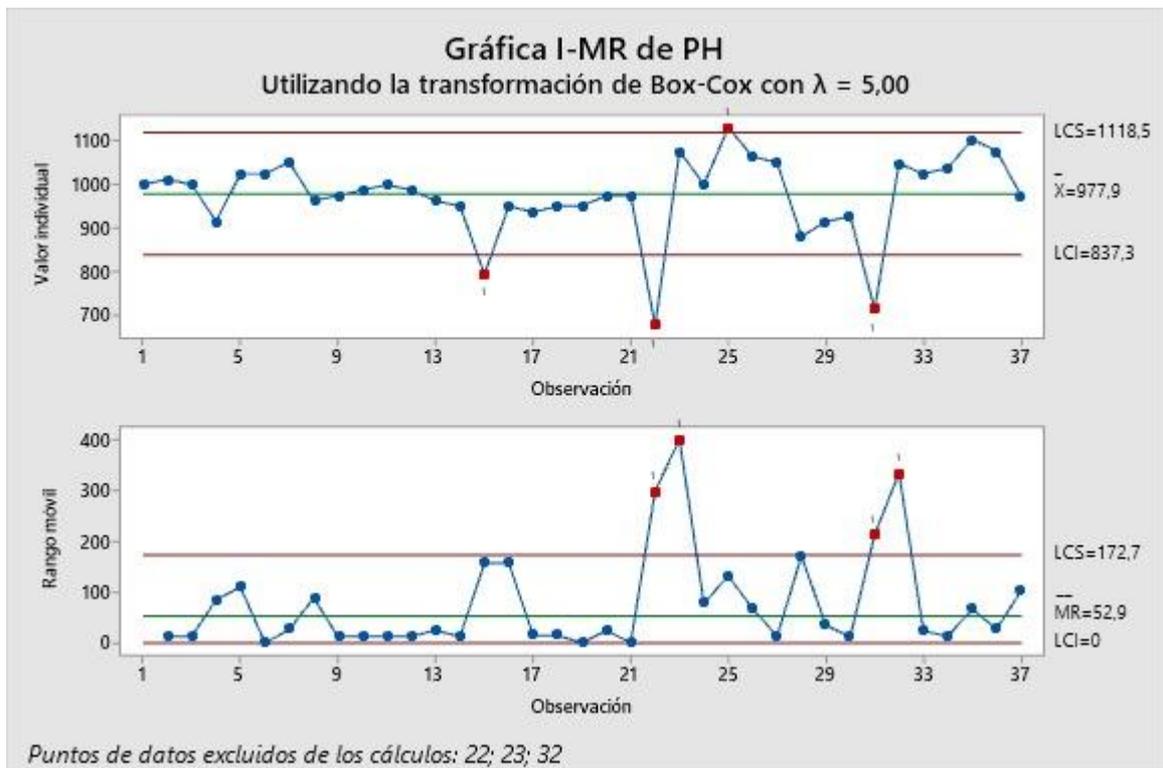




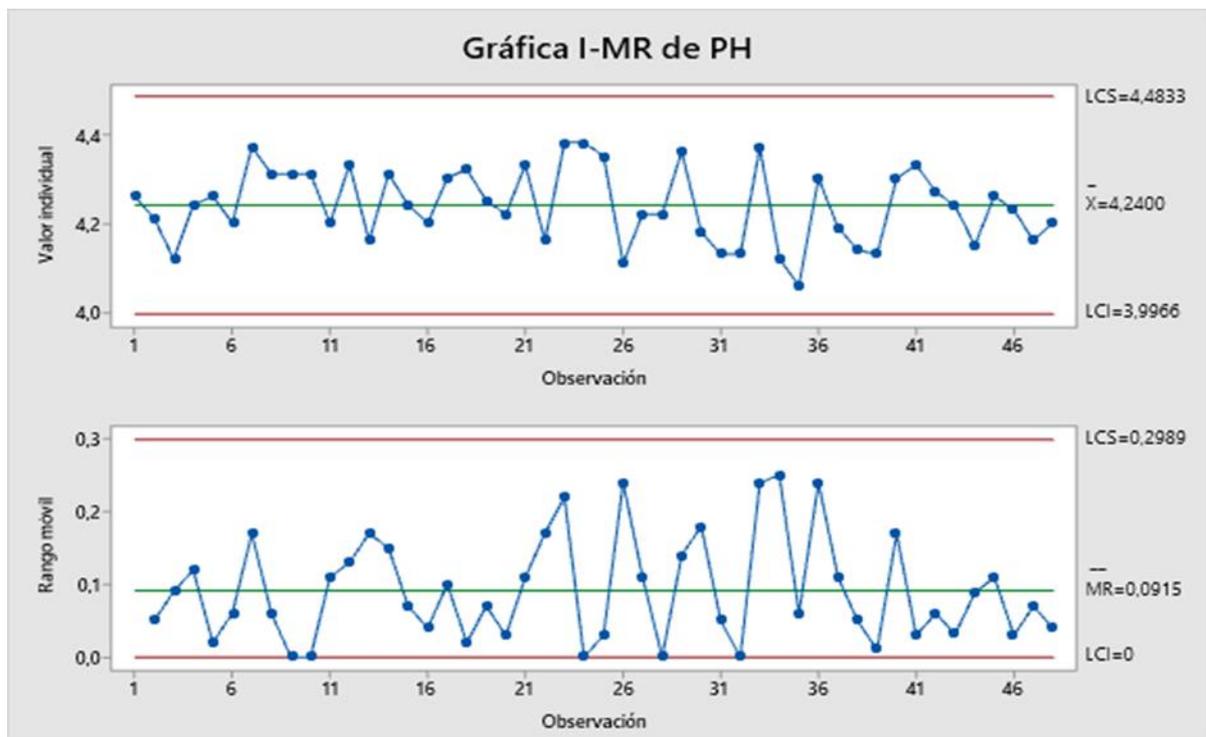
DURAZNO

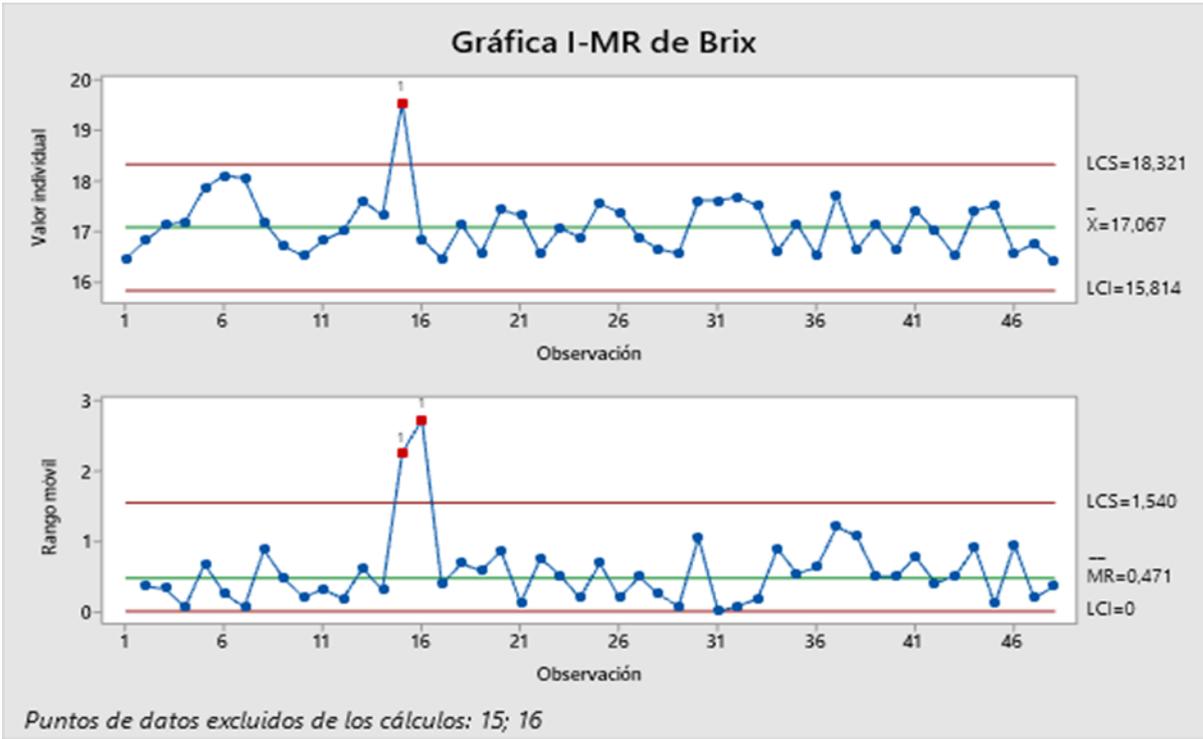




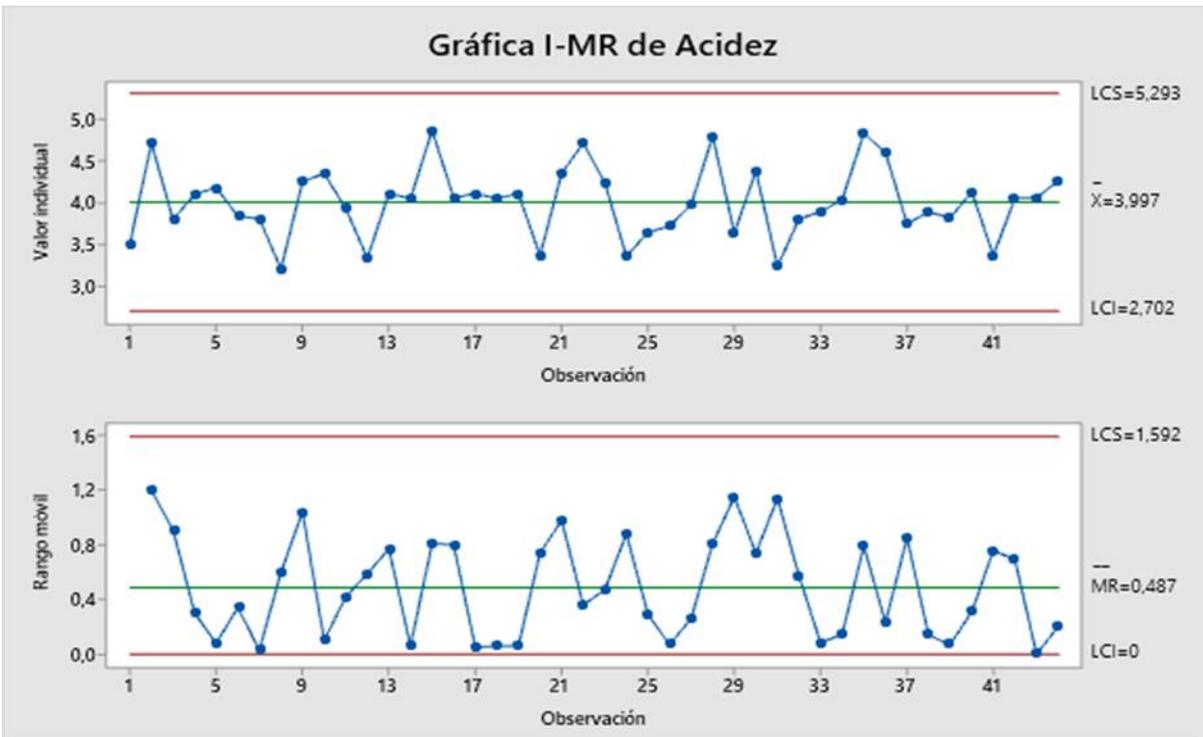


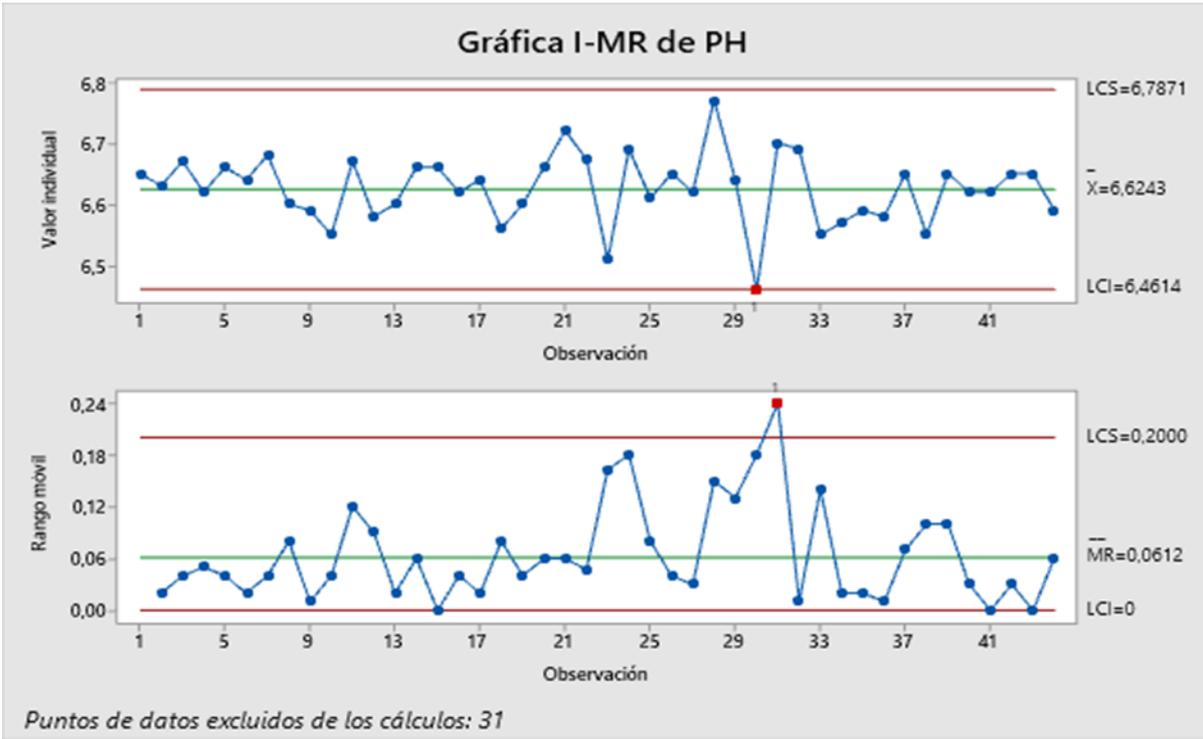
YOGURT



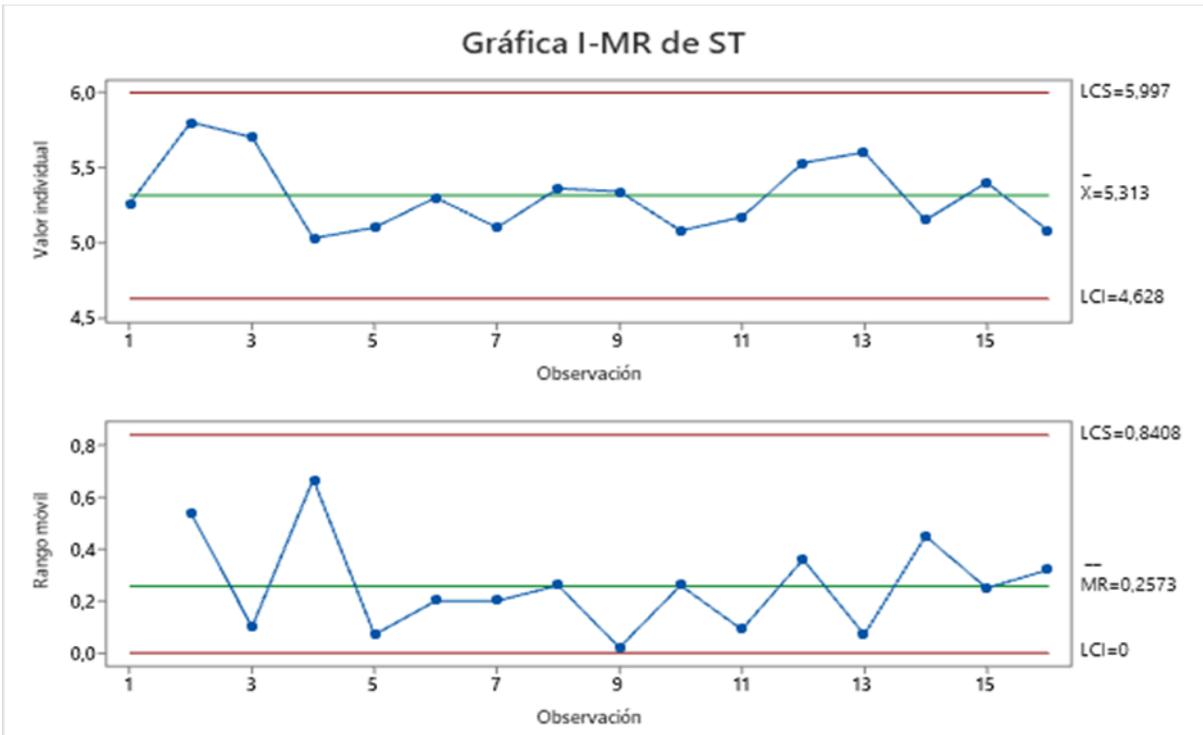


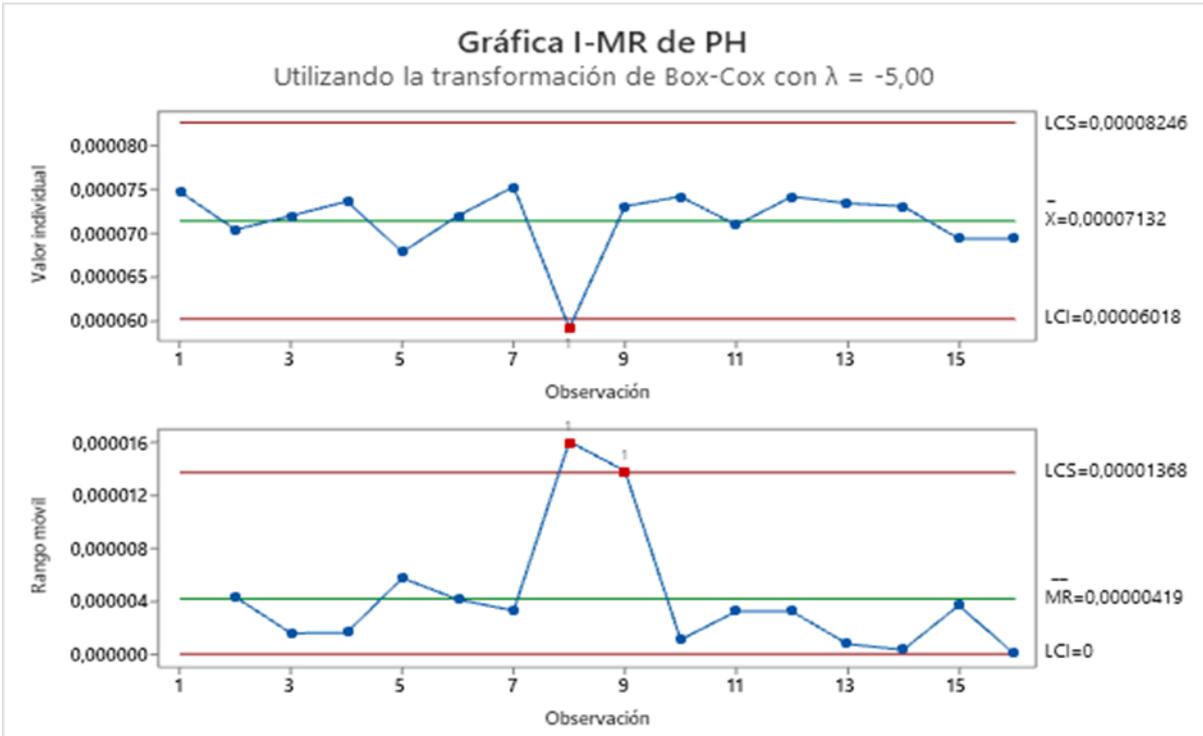
CREMA DE LECHE



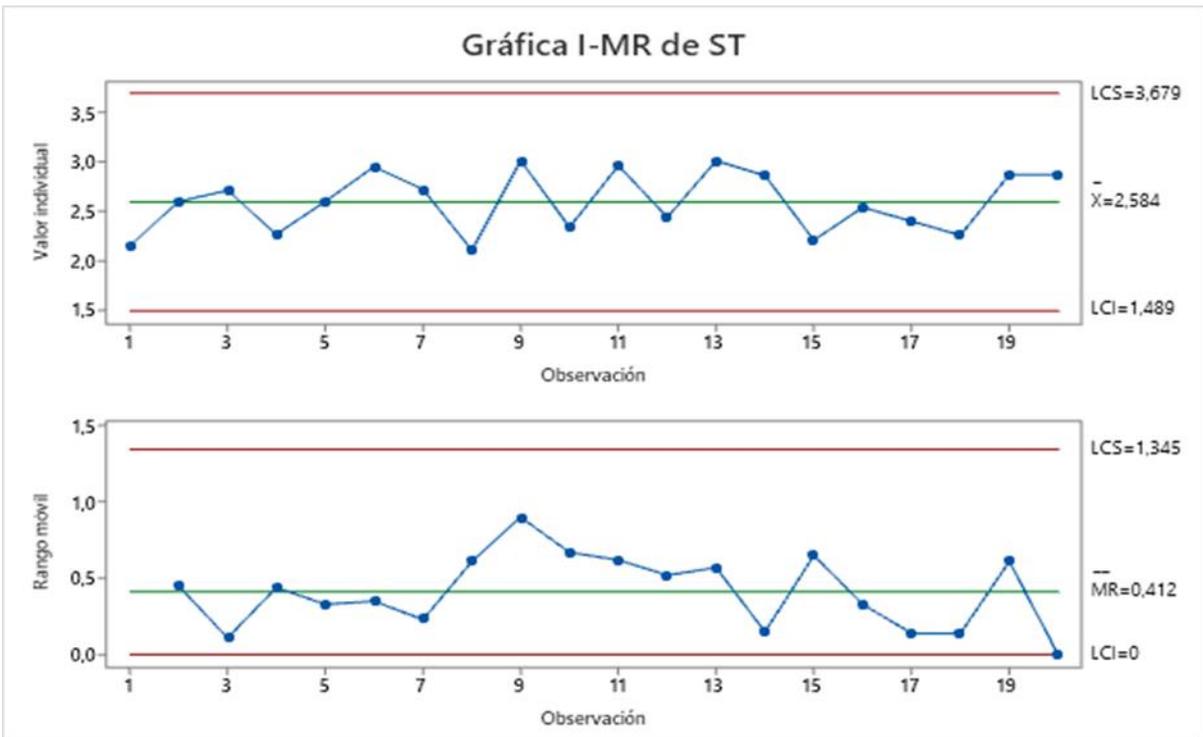


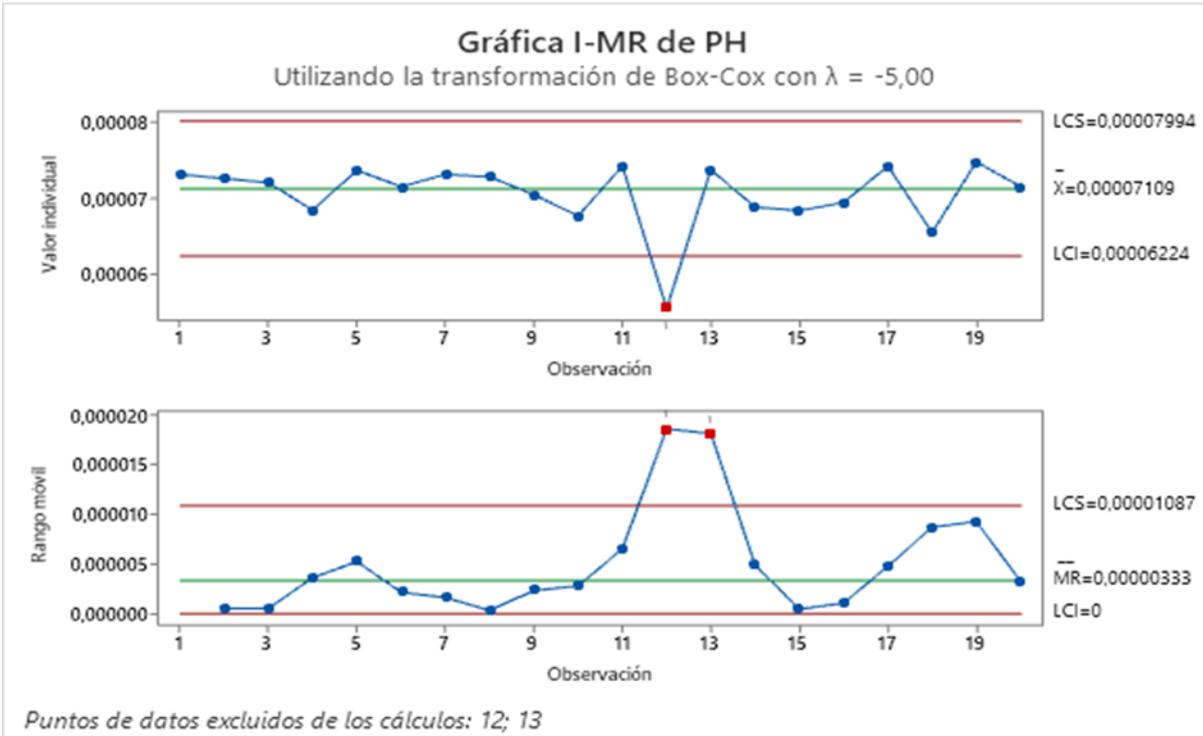
ALM C/A



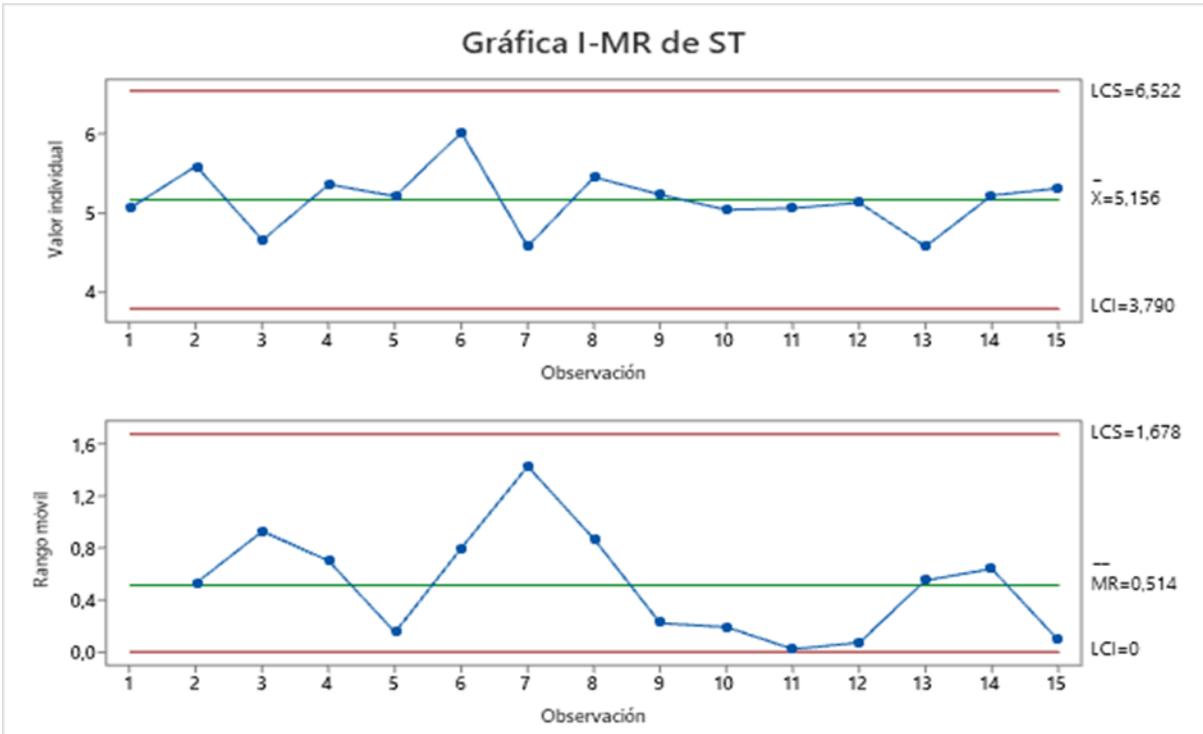


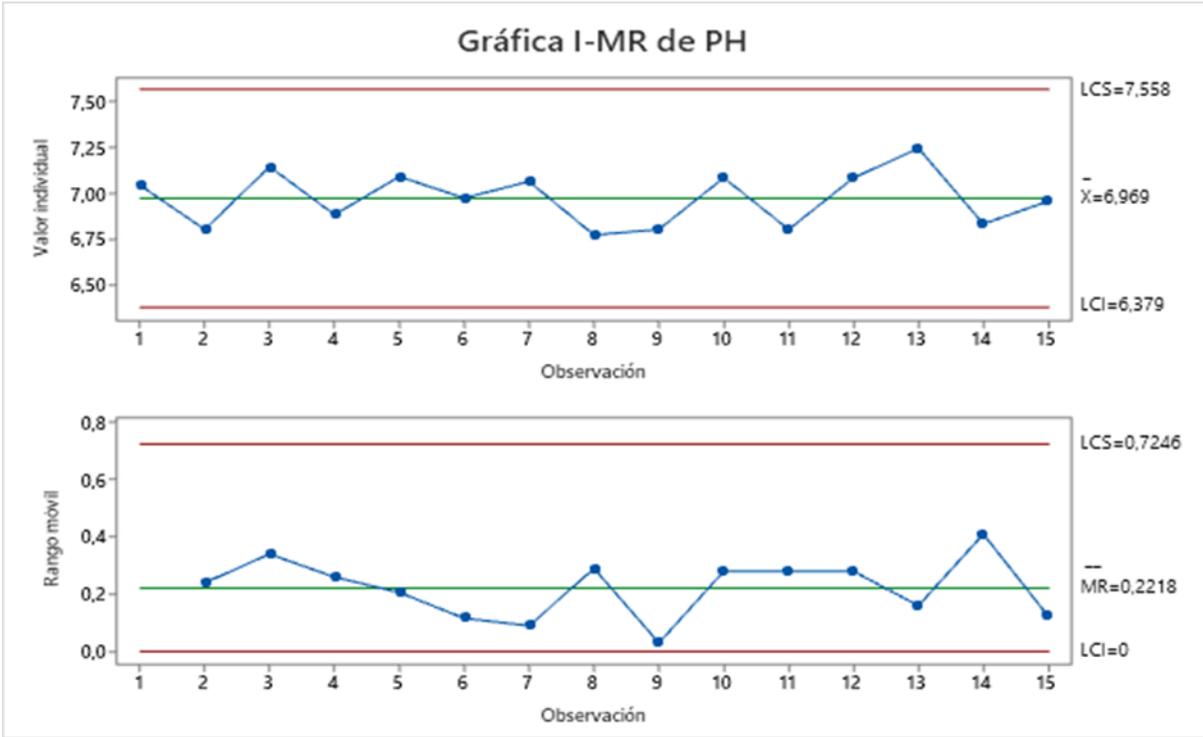
ALM S/A



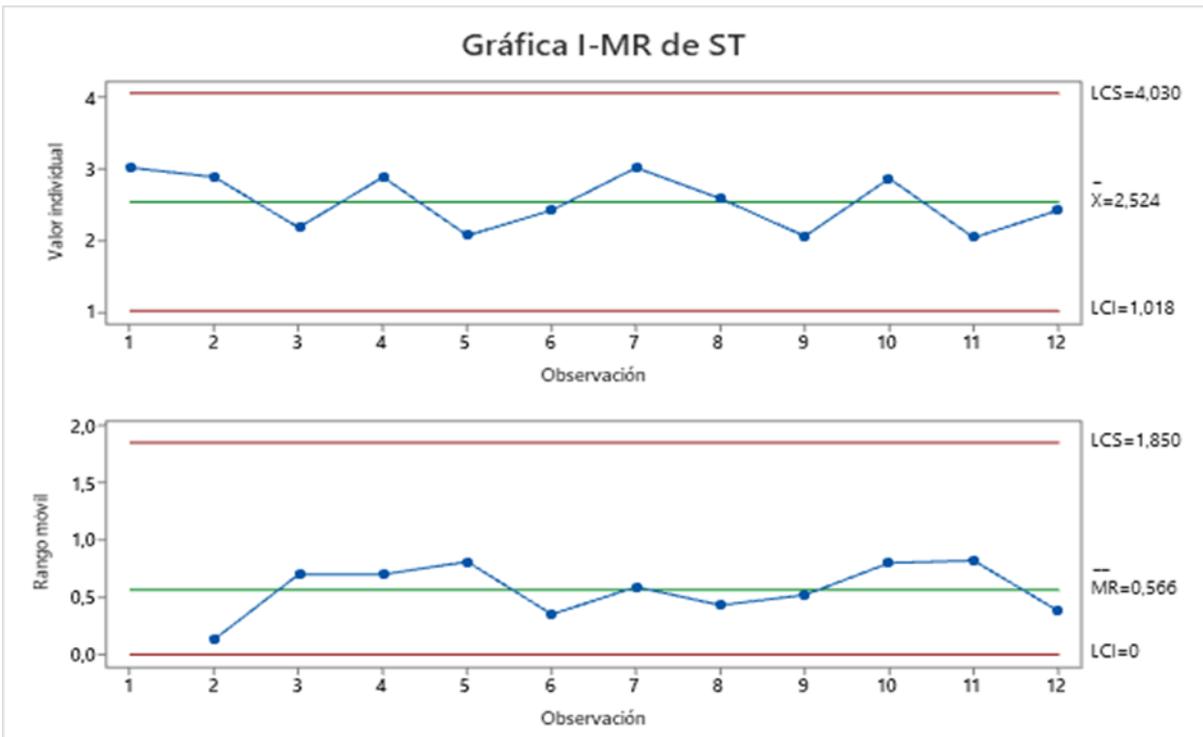


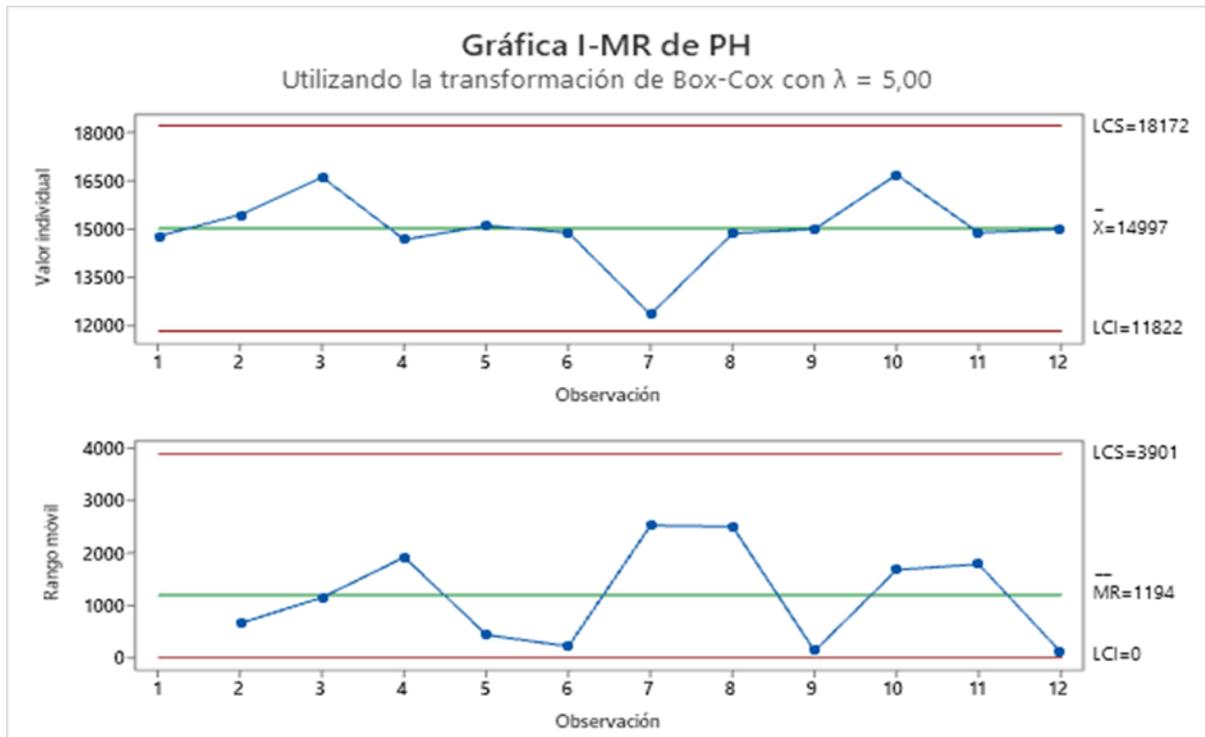
COCO C/A





COCO S/A



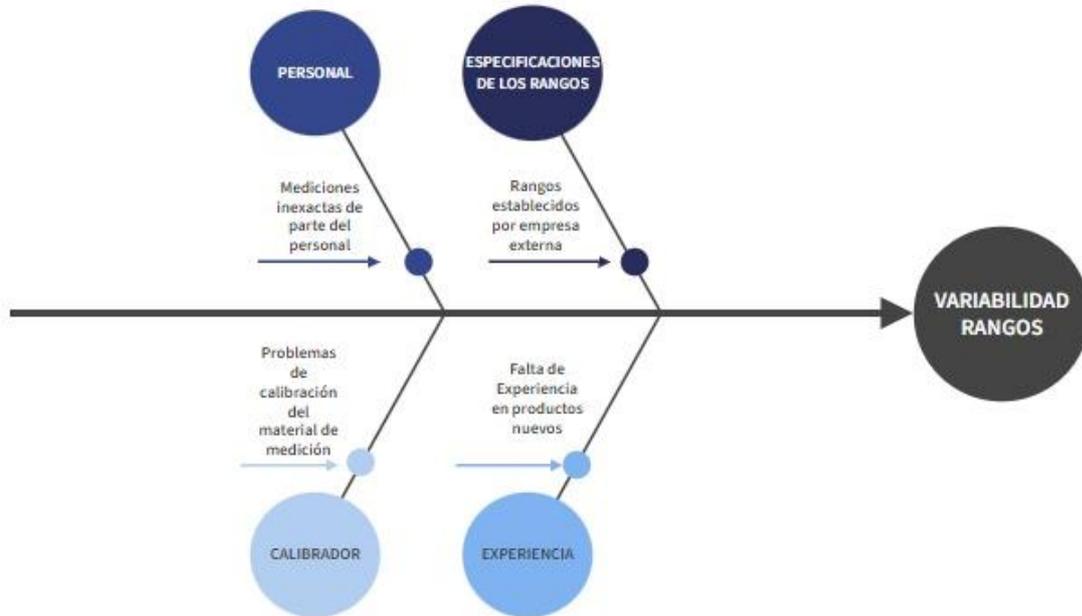


ANEXO 27: CAUSAS ASIGNABLES PUNTOS FUERA DE CONTROL

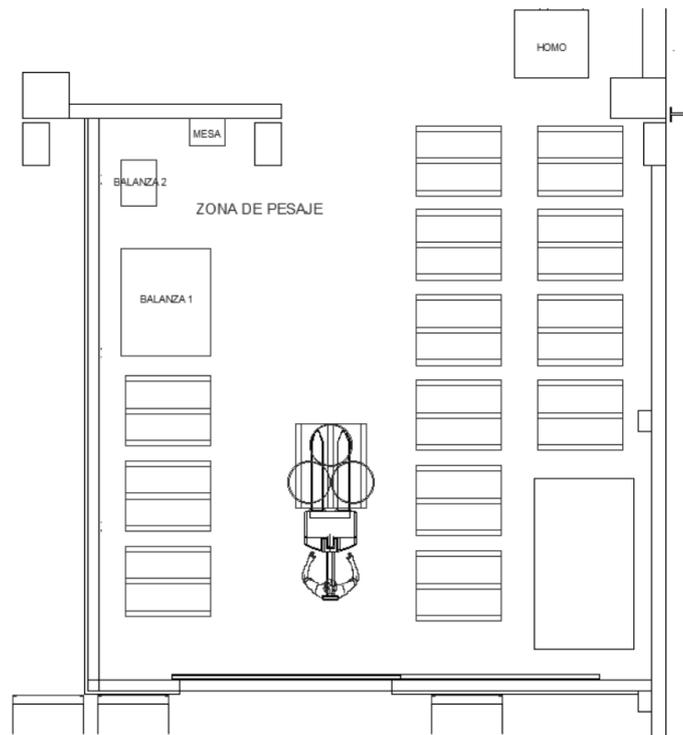
Producto	Parámetro	Punto	Causa
Naranja	Brix	24	Temporada
Naranja	Brix	26	Temporada
Naranja	Brix	28	Temporada
Naranja	Brix	29	Temporada
Naranja	Brix	30	Temporada
Naranja	Acidez	9	Mala toma
Naranja	Acidez	12	Mala toma
Naranja	Acidez	23	Temporada
Naranja	Acidez	24	Temporada
Naranja	Acidez	25	Temporada
Naranja	Acidez	26	Temporada
Naranja	Acidez	27	Temporada
Naranja	Acidez	28	Temporada
Naranja	Acidez	29	Temporada
Naranja	Acidez	30	Temporada
Naranja	Acidez	31	Temporada
Naranja	Acidez	36	Mala toma
Naranja	pH	23	Temporada
Naranja	pH	24	Temporada
Naranja	pH	26	Temporada
Naranja	pH	27	Temporada
Naranja	pH	28	Temporada
Naranja	pH	30	Temporada
Durazno	Acidez	31	Mala toma
Durazno	pH	22	Temporada
Durazno	pH	23	Temporada
Durazno	pH	32	Mala toma
Yogu-Yogu	Brix	15	Mala toma
Yogu-Yogu	Brix	16	Mala toma
Crema de Leche	pH	31	Mala toma
L. Alm. S/A	pH	12	Mala toma
L. Alm. S/A	pH	13	Mala toma

ANEXO 28: DIAGRAMA CAUSA RAÍZ

DIAGRAMA CAUSA RAÍZ VARIABILIDAD EN RANGOS DE LIBERACIÓN



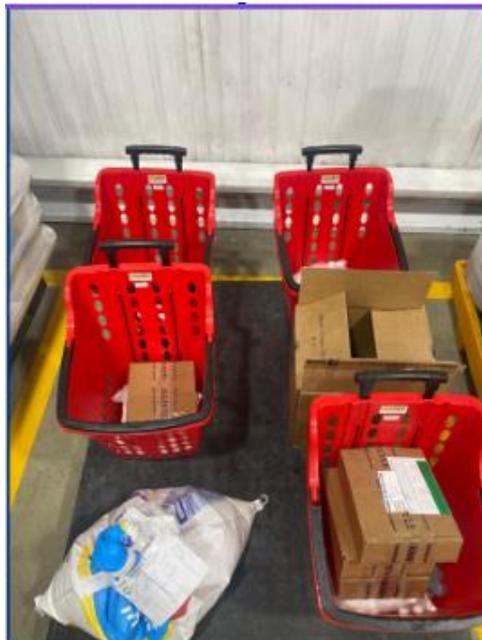
ANEXO 29: PLANO FINAL



ANEXO 30: PALAS Y BALDES COMPRADAS



ANEXO 31: GAVETAS COMPRADAS



ANEXO 32: CAPACITACIONES REALIZADAS

