

Simulación y optimización de la recepción de producto terminado en la empresa Línea Directa
S.A.S.

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Felipe Restrepo González

Asesor:

Jaime Andrés Jiménez Jaramillo

Ingeniero Químico

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Caldas – Antioquia

2016

Tabla de Contenido

Introducción	17
Antecedentes de la empresa	18
Historia	18
Antecedentes del proyecto	21
Planteamiento del problema	22
Objetivos	23
General	23
Específicos	23
Marco teórico	24
Simulación	24
Etapas para realizar un estudio de simulación	25
Estudio del trabajo.....	27
Metodología	35
Plano recibo de producto terminado	37
Diagrama del proceso.....	38
Muestreo.....	39
Ingreso físico de producto terminado.....	39
Ingreso de remisiones de Carmel a SAP.....	39
Ingreso de remisiones de Pacífika a SAP.....	40
Armado de cajas.....	40

Selección de calidad.....	41
Auditoría de calidad	41
Recuperación de segundas	42
Lavado de prendas.....	42
Abastecimiento a las bandas de conteo.....	43
Conteo en bandas	43
Revisión de remisiones	44
Aprobación de remisiones.....	44
Estadísticos descriptivos relacionados al muestreo.....	45
Ingreso físico de producto terminado.....	45
Ingreso de remisiones de Carmel a SAP	46
Ingreso de remisiones de Pacífika a SAP.....	47
Armado de cajas.....	48
Selección de calidad.....	49
Auditoría de calidad	50
Recuperación de segundas	51
Lavado de prendas.....	52
Abastecimiento a las bandas de conteo.....	53
Conteo en bandas	54
Revisión de remisiones	55
Aprobación de remisiones.....	56
Ajuste de distribución	58
Ingreso físico de producto terminado.....	58

Pruebas de bondades de ajuste para ingreso físico de producto terminado	58
Pruebas de bondades de ajuste para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP	61
Pruebas de bondades de ajuste para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP	63
Armado de cajas	65
Pruebas de bondades de ajuste para el armado de cajas.....	66
Selección de calidad.....	68
Pruebas de bondades de ajuste para la selección de calidad	68
Auditoría de calidad	70
Pruebas de bondades de ajuste para la auditoría de calidad.....	71
Recuperación de segundas	73
Pruebas de bondades de ajuste para recuperación de segundas	73
Lavado de prendas.....	75
Pruebas de bondades de ajuste para el lavado de prendas	76
Abastecimiento a las bandas de conteo.....	77
Pruebas de bondades de ajuste para el abastecimiento a bandas de conteo	78
Conteo en bandas	80
Pruebas de bondades de ajuste para el conteo en banda	80
Revisión de remisiones	82
Pruebas de bondades de ajuste para la revisión de remisiones	83
Aprobación de remisiones.....	85
Pruebas de bondades de ajuste para la aprobación.....	85
Tamaño de la muestra	88
Conclusiones	93

Recomendaciones.....	95
Bibliografía	97

Lista de tablas

Tabla 1: Muestreo en unidades de tiempo para el ingreso físico de producto terminado.	39
Tabla 2: Muestreo en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP	39
Tabla 3: Muestreo en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP	40
Tabla 4: Muestreo en unidades de tiempo para el armado de cajas	40
Tabla 5: Muestreo en unidades de tiempo para la selección de calidad.....	41
Tabla 6: Muestreo en unidades de tiempo para la auditoria de calidad	41
Tabla 7: Muestreo en unidades de tiempo para la recuperación de segundas.....	42
Tabla 8: Muestreo en unidades de tiempo para el lavado de prendas	42
Tabla 9: Muestreo en unidades de tiempo para el abastecimiento a las bandas de conteo	43
Tabla 10: Muestreo en unidades de tiempo para el conteo en bandas	43
Tabla 11: Muestreo en unidades de tiempo para la revisión de remisiones.....	44
Tabla 12: Muestreo en unidades de tiempo para la aprobación de remisiones.....	44
Tabla 13: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso físico de producto terminado	45
Tabla 14: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso físico de producto terminado.....	45
Tabla 15: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso físico de remisiones de Carmel a SAP	46

Tabla 16: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso físico de remisiones de Carmel a SAP	46
Tabla 17: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso físico de remisiones de Pacífika a SAP.....	47
Tabla 18: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso físico de remisiones de Pacífika a SAP.....	47
Tabla 19: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en minutos para el armado de cajas.....	48
Tabla 20: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en segundos para el armado de cajas.....	48
Tabla 21: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para la selección de calidad	49
Tabla 22: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para la selección de calidad	49
Tabla 23: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para la auditoría de calidad.....	50
Tabla 24: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para la auditoría de calidad.....	50
Tabla 25: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en minutos para la recuperación de segundas	51
Tabla 26: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en segundos para la recuperación de segundas	51

Tabla 27: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en minutos para el lavado de prendas	52
Tabla 28: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en segundos para el lavado de prendas	52
Tabla 29: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para el abastecimiento a las bandas de conteo.....	53
Tabla 30: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para el abastecimiento a las bandas de conteo.....	53
Tabla 31: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en minutos para el conteo en bandas.....	54
Tabla 32: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en segundos para el conteo en bandas.....	54
Tabla 33: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos la revisión de remisiones	55
Tabla 34: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para la revisión de remisiones.....	55
Tabla 35: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para la aprobación de remisiones.....	56
Tabla 36: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para la aprobación de remisiones.....	57
Tabla 37: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal del ingreso físico de producto terminado	58

Tabla 38: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el ingreso físico de producto terminado	58
Tabla 39: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el ingreso físico de producto terminado	59
Tabla 40: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal del ingreso de remisiones de Carmel a SAP.....	60
Tabla 41: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP.....	61
Tabla 42: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP.....	61
Tabla 43: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal del ingreso de remisiones de Pacífika a SAP	63
Tabla 44: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP.....	63
Tabla 45: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP.....	64
Tabla 46: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal del armado de cajas.....	65
Tabla 47: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el armado de cajas	66
Tabla 48: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el armado de cajas	66

Tabla 49: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal de la selección de calidad	68
Tabla 50: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la selección de calidad.....	68
Tabla 51: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la selección de calidad.....	69
Tabla 52: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal de auditoría de calidad	70
Tabla 53: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la auditoría de calidad	71
Tabla 54: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la auditoría de calidad	71
Tabla 55: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal de recuperación de segundos	73
Tabla 56: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la recuperación de segundos.....	73
Tabla 57: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la recuperación de segundos	74
Tabla 58: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal del lavado. 75	
Tabla 59: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el lavado de prendas.....	76
Tabla 60: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el lavado de prendas.....	76

Tabla 61: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal del abastecimiento a bandas de conteo 78

Tabla 62: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el abastecimiento a bandas de conteo..... 78

Tabla 63: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el abastecimiento a bandas de conteo 78

Tabla 64: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal para el conteo en banda 80

Tabla 65: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el conteo en banda 80

Tabla 66: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el conteo en banda 81

Tabla 67: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal para la revisión de remisiones..... 82

Tabla 68: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la revisión de remisiones 83

Tabla 69: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la revisión de remisiones..... 83

Tabla 70: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal para la aprobación de remisiones..... 85

Tabla 71: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para la aprobación de remisiones..... 85

Tabla 72: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para la aprobación de remisiones.....	86
Tabla 73: Resumen ajustes distribución por subprocesos realizados en el recibo de producto terminado	88
Tabla 74: Desviación estándar geométrica en unidades de tiempo para subprocesos con ajuste de distribución normal	91
Tabla 75: Tamaño de la muestra por unidad de tiempo para cada subproceso realizado en el recibo de producto terminado	92
Tabla 76: Cantidad de personas requeridas para realizar cada subproceso del área de recibo de producto terminado	96

Lista de ilustraciones

Ilustración 1: Contextualización estudio del trabajo.....	27
Ilustración 2: Tiempo total de operación en las condiciones existentes	29
Ilustración 3: Metodología general para la simulación de eventos discretos aplicado al modelo propio de recibo de producto terminado	36
Ilustración 4: Plano en formato PNG del recibo de producto terminado	37
Ilustración 7: Diagrama proceso recibo de producto terminado	38
Ilustración 17: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso físico de producto terminado	59
Ilustración 18: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso físico de producto terminado	60
Ilustración 19: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP.....	62
Ilustración 20: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP.....	62
Ilustración 21: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP	64
Ilustración 22: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP	65
Ilustración 23: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el armado de cajas.....	67

Ilustración 24: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el armado de cajas.....	67
Ilustración 25: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para la selección de calidad.....	69
Ilustración 26: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para la selección de calidad.....	70
Ilustración 27: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para la auditoría de calidad.....	72
Ilustración 28: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para la auditoría de calidad.....	72
Ilustración 29: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para la recuperación de segundas.....	74
Ilustración 30: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para la recuperación de segundas.....	75
Ilustración 31: Histograma para el tiempo por remisión en minutos el lavado.....	77
Ilustración 32: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el lavado.....	77
Ilustración 33: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el abastecimiento a bandas de conteo.....	79
Ilustración 34: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el abastecimiento a bandas de conteo.....	79
Ilustración 35: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el conteo en bandas.....	81

Ilustración 36: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el conteo en bandas	82
Ilustración 37: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para la revisión de remisiones	84
Ilustración 38: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para la revisión de remisiones	84
Ilustración 39: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para la aprobación de remisiones	86
Ilustración 40: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para la aprobación de remisiones	87

Resumen

En el presente proyecto se va a realizar una simulación dirigida a la recepción de producto terminado, con el fin de comprender el funcionamiento que éste lleva a cabo en el transcurso del día, con la intención que esto permita propender por el bienestar laboral y la optimización de este mediante la reducción de costos, disminuyendo los tiempos y manipulación de los elementos requeridos, recursos y movimientos innecesarios.

Introducción

Línea Directa es una empresa que ofrece moda de acceso con dos marcas Carmel y Pacifika a través de la venta directa, con una trayectoria de 17 años en el mercado. Permanentemente debe escalar sus procesos logísticos para elevar su propuesta de valor a través de una mejor experiencia de compra de sus asesoras en todo el país.

A comienzos del 2016 el área de logística de distribución recibe un nuevo subproceso que anteriormente dependía de la cadena de abastecimiento; el cual es recibo de producto terminado.

Este proceso, a la par con la facturación determinan el comienzo del proceso de distribución, y debe permitir tener el producto terminado visible en el inventario y listo para facturar los productos que ingresan, en el menor tiempo posible y al menor costo. La incorporación de un nuevo subproceso al área de logística de distribución, requiere de una conexión con las demás operaciones que pertenecen al área para poder así, lograr las altas velocidades de respuesta que el modelo de venta directa requiere.

De los subprocesos relacionados con el área de logística presentes en Linea Directa S.A. los cuales son: recepción de producto terminado, control de inventarios, facturación, picking, transporte y planeación y desarrollo.

Al tener presente lo anteriormente mencionado y teniendo en cuenta la reciente adición de recepción de producto terminado como subproceso de logística se hace pertinente su completa comprensión y dimensionamiento.

Antecedentes de la empresa

Línea Directa S.A.S, es una empresa cuya filosofía es la moda que apasiona y el amor que transforma. La Compañía está enfocada en el diseño y producción de ropa interior-exterior para hombre y mujer. Comercializa todos los productos a través del canal de la venta directa.

La Compañía vive un proceso de transformación interesante en el negocio, en el desarrollo humano de todos sus colaboradores y en el relacionamiento con los actores de interés, especialmente con las clientas, mediante la satisfacción de las necesidades en el tema de la moda, a través de las marcas Carmel y Pacífika.

Las primeras zonas Carmel abrieron en 1997 en Caucaasia – Antioquia y Medellín – Colombia, esta última ciudad, sede principal de Línea Directa S.A.S desde donde se dirigen todas las acciones corporativas. En la actualidad tenemos una fuerza de ventas de más de 60.000 Asesoras en Carmel y más de 14.000 Asesoras en Pacífika (Línea Directa S.A.S., 2016).

Historia

En 1997 Línea Directa S.A.S. nace en Medellín como una idea de estudiantes de Ingeniería de Producción, quienes luego de realizar sus estudios, deciden crear su propia empresa e incursionar en la venta directa de ropa femenina.

En sus inicios, se constituyen como una Compañía comercializadora de ropa interior femenina de algunas marcas del sector. Inician sus ventas en Medellín y Caucaasia, allí distribuyen sus catálogos y trabajan arduamente para conocer el mercado y aprender del negocio.

Para 1998 Se crea la marca propia con el nombre de Carmel, agregando al portafolio; pijamas, bisutería, zapatos, relojes y variedad de propuestas para la mujer. Además, exploran nuevas zonas que incluyen la apertura de Pereira y la Costa Atlántica.

En el 2000 Línea Directa S.A.S comienza a diseñar y producir ropa exterior para mujeres ejecutivas; mientras continúa con la comercialización de ropa interior, ampliando así el portafolio a otras líneas.

Durante este año la Compañía enfoca sus esfuerzos en aprender todo sobre la venta directa y la confección. Línea Directa S.A.S se mantiene en el mercado aún sin cumplir con las expectativas de los fundadores de ser una gran Compañía.

Para el 2002, Línea Directa S.A.S experimenta un crecimiento significativo, se expande a otros lugares de Colombia y amplía la cobertura al crear más zonas. Además inicia un proceso de integración vertical que incluye la producción propia de un alto porcentaje de sus prendas.

El único proceso que no se hace al interior Compañía es el de la confección. Para ese entonces, Línea Directa S.A.S ya cuenta con 16 zonas en todo el país.

En el 2005 Línea Directa S.A.S enfrenta una situación de dificultad en el negocio, lo que los obliga a repensar y redefinir el público objetivo, se aplican diferentes estrategias administrativas y comerciales para superar la situación financiera y se reenfoca la marca en diseño y producción de prendas de pronta moda para mujeres que les gusta sentirse sexy.

Se separa la marca de jeans Bloom y se deja a Carmel como el principal negocio. Se fortalece además la línea Teens para un público más joven.

Pasados 7 años, para el 2012 Línea Directa S.A.S. Lanza su nueva Unidad Estratégica de Negocio: la Línea de Calzado. Desde entonces, gracias a la constancia y esfuerzo de todo su equipo de trabajo, su participación en el mercado es rápida y presenta un buen crecimiento.

Luego para el 2013 La compañía sigue expandiendo su crecimiento y lanza una nueva marca de ropa que además de traer propuestas de ropa femenina, incluye por primera vez la ropa masculina: PACIFIKA, inspirada en los fenómenos culturales de la calle, es una marca con sello Línea Directa S.A.S, hermana de Carmel. PACIFIKA está enfocada a mujeres y hombres jóvenes que disfrutan fusionando estilos urbanos.

Ya para el 2015 Línea Directa se fortalece en grupo multimarca y enfoca su interés en nuevas propuestas para ampliar su portafolio de productos (Linea Directa S.A.S., 2016).

Antecedentes del proyecto

Se han tenido evidencias en los cuales la empresa ha contratado consultores en diversos procesos, pero centrados en el área para el recibo de producto terminado no se cuentan con referencias que aludan al menos a un proyecto de ingeniería en este sector de la compañía, el cual permita mejorar el rendimiento y dinamismo de las mercancías recibidas de los proveedores y así pueda ser puesta a disposición de las otras áreas logísticas de la compañía.

Planteamiento del problema

La situación actual en la que se encuentra la zona de recepción de producto terminando, presenta un desconocimiento percibido de su funcionamiento en el día a día en la compañía, debido a ser un subproceso relativamente nuevo para el área de logística.

Esto se suscitó debido a que este subproceso hacía parte de otra área articular de la organización, y con el fin de beneficiar el desarrollo dinámico y por disposición de las directrices se consideró pertinente realizar este cambio estratégico, y así mejorar las dificultades percibidas en el correcto flujo en cada una de las actividades realizadas.

Objetivos

General

Generar la simulación del conjunto de actividades desarrolladas en el subproceso de recepción de producto terminado.

Específicos

- Calcular la distribución de tiempos propios de cada actividad realizada en éste subproceso logístico.
- Elaborar diagrama de flujo del proceso para las estaciones de trabajo que así lo requieran.
- Evidenciar las restricciones del conjunto de operaciones realizadas en este subproceso.
- Mostrar la distribución de la zona de recepción de producto terminado en un Lay Out general.
- Identificar las variables críticas que afectan el proceso.
- Evaluar en el modelo de simulación diferentes escenarios considerando variaciones en los parámetros que representen situaciones críticas.
- Dar a conocer el conjunto de situaciones propicias que faciliten el funcionamiento ideal del subproceso intervenido.

Marco teórico

Es propicio y fundamental para la correcta comprensión del trabajo realizado saber y tener en cuenta comprender el significado la contextualización de los ejes temáticos fundamentales del presente trabajo, los cuales son: simulación y estudio del trabajo.

Simulación

Es una técnica numérica para concluir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo (Naylor, 1968).

La definición anterior está en un sentido muy amplio, pues puede incluir desde una maqueta, hasta un sofisticado programa de computadora. En sentido más estricto se podría afirmar que la simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que se describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo (Maisel & Gnugnoli, 1972).

Aunque otros estudiosos del tema la definen como el proceso de diseñar y desarrollar modelos computarizados de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema (Shannon, 1998).

Etapas para realizar un estudio de simulación

1. Se ha mencionado en la literatura diferentes numerosos de pasos para realizar un estudio de simulación, sin embargo, la mayoría de autores proponen los siguientes (Coss Bú, 2003):
 - a. Definición del sistema: Es en el paso donde se determina la interacción del sistema con otros sistemas, las restricciones, las variables que interactúan, sus interrelaciones, las medidas de efectividad y los resultados que se esperan obtener del estudio (Coss Bú, 2003).
 - b. Formulación del modelo: Se deben definir todas las variables que forman parte de él, sus relaciones lógicas y los diagramas de flujo que describen en forma completa al modelo (Coss Bú, 2003).
 - c. Colección de datos: Es importante definir con claridad y exactitud los datos que el modelo va a requerir para producir resultados deseados. Normalmente, la información requerida por un modelo se puede obtener de registros contables de órdenes de trabajo, de órdenes de compras, de opinión de expertos y si no hay otro remedio por experimentación (Coss Bú, 2003).
 - d. Implementación del modelo en la computadora: Es el paso donde se define el lenguaje a utilizar, para que pueda ser procesado por computadora (Coss Bú, 2003).

e. Validación: Etapa donde se hace posible detallar las deficiencias en la formulación del modelo o en los datos alimentados al modelo. Las formas más comunes de validar el modelo son:

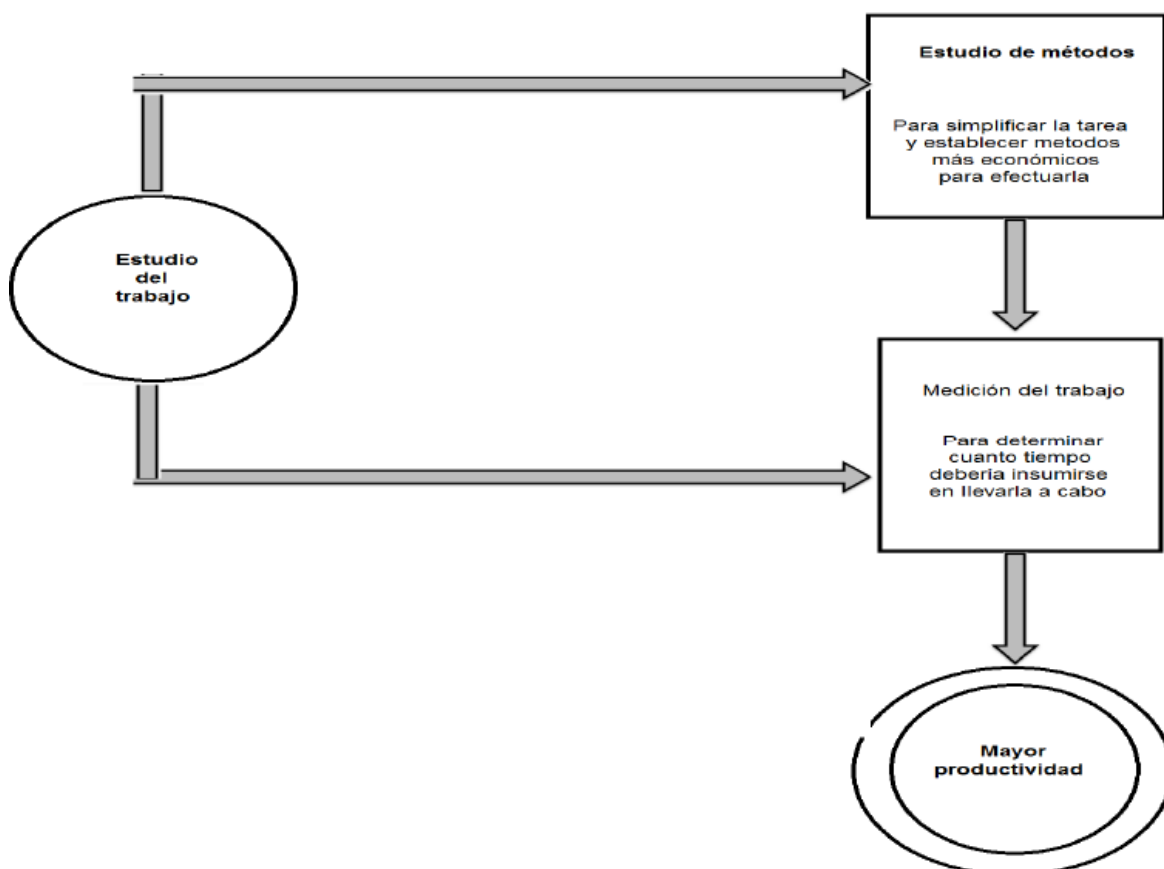
- i. La opinión de expertos sobre los resultados de la simulación.
- ii. La exactitud con que se predicen datos históricos.
- iii. La exactitud en la predicción del futuro.
- iv. La comprobación de falla del modelo de simulación al utilizar datos que hacen fallar el sistema real.
- v. La aceptación y confianza en el modelo de la persona que hará uso de los resultados que arroje el experimento de simulación (Coss Bú, 2003).

2. Experimentación: Consiste en generar datos deseados y en realizar análisis de sensibilidad de los índices requeridos (Coss Bú, 2003).
3. Interpretación: Se interpretan los resultados y con base a estos tomar decisiones (Coss Bú, 2003).
4. Documentación: Dos tipos de documentación son requeridos para hacer un mejor uso del modelo de simulación. La primera se refiere a la documentación de tipo técnico y la segunda al manual del usuario, con el cual se facilitará la interacción y el uso del modelo desarrollado (Coss Bú, 2003).

Estudio del trabajo

El estudio del trabajo tiene por objeto examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo, o el uso antieconómico de los recursos y fijar el tiempo normal para la realización de esa actividad y mejorar la productividad (Oficina Internacional del Trabajo, 1996).

Ilustración 1: Contextualización estudio del trabajo



(Oficina Internacional del Trabajo, 1996)

El contenido básico del trabajo es el tiempo que se invertiría en fabricar un producto o en realizar una operación si el diseño o la especificación del producto fuesen perfectos, el proceso o

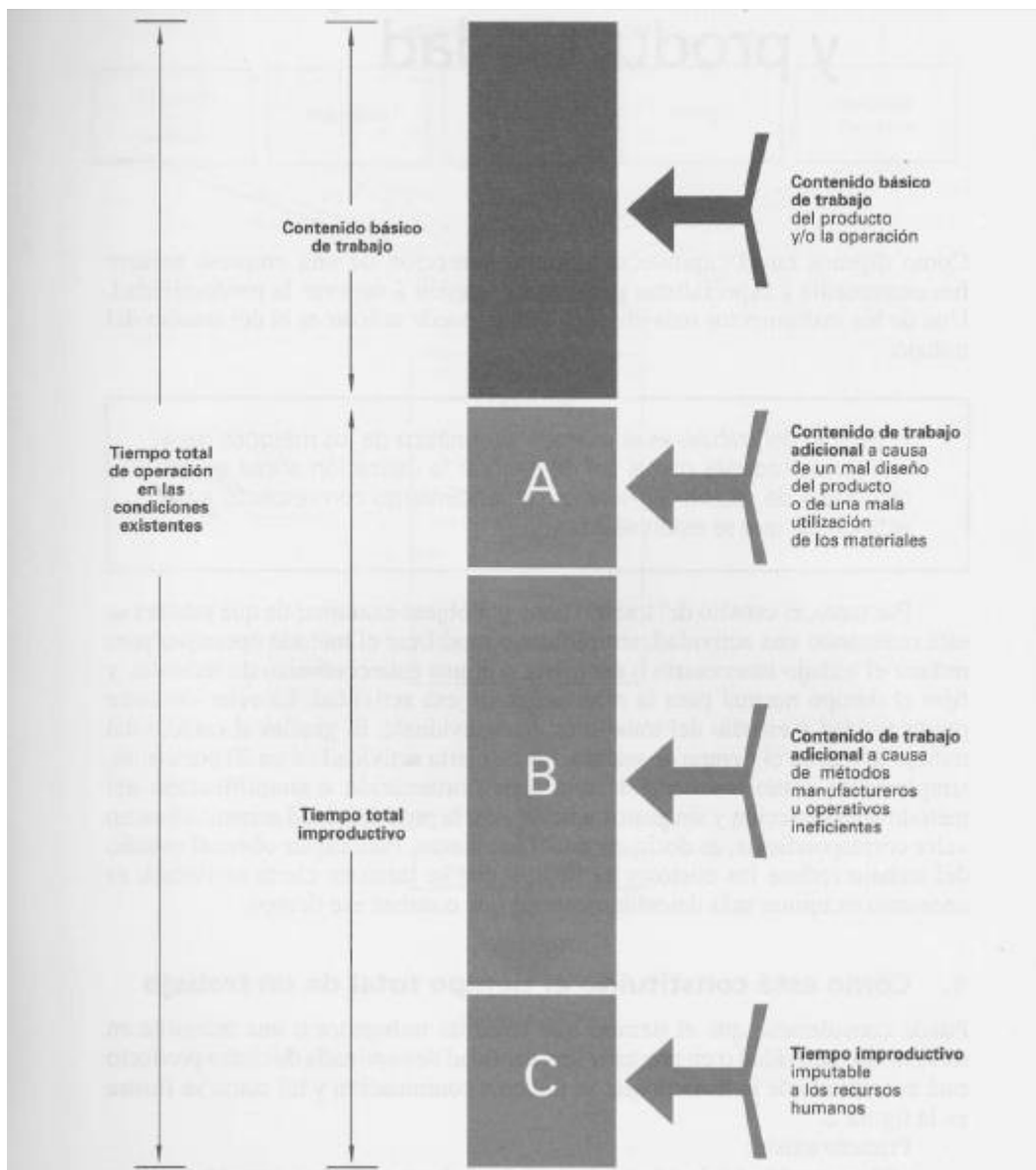
método de fabricación se desarrollasen a la perfección y no hubiese pérdida de tiempo por ningún motivo durante la operación (parte de las pausas normales de descanso a que tiene derecho el operario). El contenido básico de trabajo es el tiempo mínimo irreductible que se necesita teóricamente para obtener una unidad de producción (Oficina Internacional del Trabajo, 1996).

El tiempo total improductivo integrado por trabajo por trabajo adicional a causa de diseños o métodos y por el tiempo improductivo:

- Contenido de trabajo adicional (A): Se origina por un mal diseño del producto o por la mala utilización de los materiales, incluyendo los tiempos que se pierden en los cambios en el diseño, en el desperdicio de los materiales y por la aplicación inadecuada de normas de calidad.
- Contenido de trabajo adicional (B): Un método de trabajo deficiente que produzca movimientos innecesarios de las personas o los materiales puede ocasionar un tiempo improductivo y un aumento de los costos. Análogamente, el tiempo improductivo puede deberse a métodos inadecuados de manipulación, un mal mantenimiento de la maquinaria o equipo que provoque frecuentes averías o un control incorrecto de las existencias que cause retrasos debido a la falta de productos o piezas o un aumento de los costos como consecuencia de un de un almacenamiento excesivo de materiales.
- Tiempo improductivo (C): los trabajadores de una empresa pueden influir de manera voluntaria o involuntariamente en el tiempo de las operaciones, se relaciona directamente con el incumplimiento en los horarios, accidentes

laborales, los ausentismos y el desarrollo inadecuado de las actividades (Oficina Internacional del Trabajo, 1996).

Ilustración 2: Tiempo total de operación en las condiciones existentes



(Oficina Internacional del Trabajo, 1996)

Es preciso recorrer ocho etapas fundamentales para realizar un estudio del trabajo completo, las etapas y su definición se describen a continuación:

1. Seleccionar: El proceso o trabajo que se ha de estudiar.
2. Registrar: Recolectar todos los datos relevantes acerca de la tarea o proceso, utilizando las técnicas más apropiadas y disponiendo de los datos de la forma más cómoda para analizarlos.
3. Examinar: los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad; el lugar donde se lleva a cabo; el orden en que se ejecuta; quien la ejecuta, y los medios empleados.
4. Establecer: El método más económico, teniendo en cuenta todas las circunstancias y utilizando las diversas técnicas de gestión, así como los aportes de dirigentes, supervisores, trabajadores y otros especialistas, cuyos enfoques deben analizarse y discutirse.
5. Evaluar: los resultados obtenidos con el nuevo método en comparación con la cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo tipo.
6. Definir: El nuevo método y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método, ya sea verbalmente o por escrito, a todas las personas a quienes concierne, utilizando demostraciones.
7. Implementar: El nuevo método, formando a las personas interesadas, como practica general, aceptada con el tiempo fijado.
8. Controlar: La aplicación de la nueva norma siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos (Oficina Internacional del Trabajo, 1996).

El estudio del trabajo se considera una de las técnicas más eficaces a la hora de analizar los puestos de trabajo, nos permite desarrollar métodos eficientes que apunten al mejoramiento continuo, incrementando la productividad en los procesos con el propósito de disminuir los costos.

Con el propósito de profundizar acerca del estudio de los métodos de trabajo, es pertinente consultar otros puntos de vista, dando claridad a los conceptos sobre los cuales se basa este proyecto.

Siendo llamado así al análisis de operaciones, diseño del trabajo, simplificación del trabajo, ingeniería de métodos y reingeniería corporativa se utilizan como sinónimos. En la mayoría de los casos, todos ellos se refieren a una técnica para aumentar la producción por unidad de tiempo o reducir el costo por unidad de producción: en otras palabras, a la mejora de la productividad. Sin embargo, la ingeniería de métodos, en la forma en que se define, implica el análisis en dos tiempos diferentes durante la historia de un producto (Niegel & Freivalds, 2009) (Arango Serrano, 2015)

Además, en la actualidad conjugar adecuadamente los recursos económicos, materiales y humanos originan incrementos de productividad. Con base en la premisa de que en todo proceso siempre se encuentran mejores posibilidades de solución. Puede efectuarse un análisis a fin de determinar en qué medida se ajusta cada alternativa a los criterios elegidos y a las especificaciones originales. Lo cual se logra a través de los lineamientos del estudio de métodos (García Criollo, 2005; Arango Serrano, 2015).

Seguido a esto se observa entonces, que el estudio de tiempos y movimientos se ha perfeccionado continuamente, y en la actualidad se le reconoce como un Instrumento necesario para el funcionamiento óptimo o eficaz en la industria o cualquier tipo de negocio. Una de las

claves que se utiliza en la actualidad en los negocios, las industrias y el gobierno para aumentar la productividad es la aplicación continua de los principios de métodos, salarios y estándares, ya que de esta manera se puede obtener un mejor rendimiento de las máquinas y hombres; esto se continuará aplicando hasta que se alcance un mejor nivel, y si es posible su perfección (Janania Abrahamm, 2008; Arango Serrano, 2015).

No sin dejar de lado también, que estudio de métodos al registro y al examen crítico y sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces de reducir costos. Esta técnica tiende al aumento de la producción en la unidad de tiempo eliminando movimientos innecesarios (Neira, 2006; Arango Serrano, 2015).

Después de analizar diversos conceptos acerca del estudio de métodos, se ratifica como una herramienta muy importante para las organizaciones en la actualidad, realizando aportes metodológicos enfocados en el aumento de la productividad y disminución de los costos. Como parte de esta metodología el factor humano cada vez se hace más importante, trabajadores cada vez más eficientes y eficaces que aporten a la consecución de metas y objetivos, logrando así una ventaja competitiva. (Arango Serrano, 2015).

Actualmente las empresas se enfrentan a un mundo donde la competencia cada vez es mayor y provienen de cualquier parte del mundo, la mayor parte de las industrias, negocios y empresas de servicios están reestructurándose a fin de operar de una manera más eficiente. La necesidad de producir al menor tiempo posible ha provocado que se incremente la intensidad con la que reducen los costos y los esfuerzos para mejorar la calidad, teniendo en cuenta el factor humano como elemento clave en donde se observa la importancia de un esfuerzo reducido. La eficiencia en costos y la confiabilidad del producto sin usar un exceso de capacidad son elementos clave para la actividad

exitosa de toda compañía representando la finalidad de la ingeniería de métodos, de los estándares equitativos de tiempo y del diseño eficiente del trabajo (Arango Serrano, 2015).

Es necesario que las empresas cuenten con unas herramientas de toma de decisiones que no representen una inversión significativa y que permitan hacer ensayos de las configuraciones ideales analizadas en el proceso (Davis, Eisenhardt, & Bingham, 2007; Gilbert, 2007; Sánchez, Ceballos, & Sánchez Torres, 2015), como la simulación computacional. Los modelos de análisis y simulación son llevados a cabo con el objetivo de conocer mejor sistemas complejos, para desarrollar y probar nuevos recursos, procesos, políticas o sistemas con las expectativas de fabricación modernas sin la necesidad de desarrollarlos en la realidad, reuniendo información y conocimiento sin perturbar el sistema actual (Mourtzis, Doukas, & Bernidaki, 2014; Sánchez, Ceballos, & Sánchez Torres, 2015).

La simulación de sistemas es una alternativa para conocer de forma acertada los puntos críticos que pueden tener los procesos de producción de una empresa y con estos modelar soluciones que incrementen la eficiencia y que reduzcan los tiempos en las diferentes actividades realizadas durante la producción de un artículo o la prestación de un servicio (Sánchez, Ceballos, & Sánchez Torres, 2015).

Diferentes trabajos se han realizado con el objetivo de integrar estrategias computacionales que permitan analizar y optimizar los procesos de producción en la industria de confecciones. En orden cronológico, se muestra la aplicación de la simulación para optimizar las variables del proceso de planificación de la producción como la disponibilidad de materiales, la relación entre la eficiencia del sistema y las órdenes de producción en relación con las preferencias de los clientes en color del producto (De Toni & Meneghetti, 2000). Posteriormente analizaron los efectos, en el diseño de instalaciones de producción, de diversos factores como disposición del producto, tiempos de inactividad de las máquinas, tamaños de los lotes y la

capacidad de transporte de productos. Esto les permitió concluir que considerar varios parámetros en conjunto al diseñar las instalaciones podría evitar el deterioro del rendimiento (Banu & Arslan, 2008). luego se propuso un modelo general para el proceso de producción en empresa textil utilizando dinámica de sistemas cuyo objetivo era identificar los elementos que se deben integrar a los costos de producción en las pequeñas y medianas empresas de confección (Gómez & Gómez, 2013). Este análisis permitió la construcción de un software para modelar diferentes escenarios con el objetivo de optimizar el proceso (Sánchez, Ceballos, & Sánchez Torres, 2015). Más adelante se utilizaron modelos de simulación de eventos discretos para modelar el departamento de costura de una compañía de confecciones, lo que permitió estimar los efectos de diferentes configuraciones en tiempo y capacidad de producción, eliminación de retardos y optimización de recursos (Bevilacqua, Ciarapica, Crosta, Mazzuto, & Paciarotti, 2013). Investigaciones posteriores describen una metodología para mejorar el sistema de producción en pequeñas y medianas empresas y se modela el sistema mediante eventos discretos (Solano, Bravo, & Giraldo, 2012). El objetivo fue evaluar diferentes escenarios que incluyen las llamadas prioridades competitivas de las cuales la calidad y el tiempo de entrega resultaron ser las más relevantes (Sánchez, Ceballos, & Sánchez Torres, 2015). Otro trabajo en la industria textil busca optimizar los horarios de trabajo en una línea múltiple de confección de prendas de vestir (Guo, Wong, Leung, Fan, & Chan, 2006; Sánchez, Ceballos, & Sánchez Torres, 2015).

Metodología

El diseño, el desarrollo y el análisis de resultados de una simulación es un proceso sofisticado, que requiere del analista unos mínimos conocimientos sobre programación, matemáticas, estadística, gestión de proyectos y también sobre el propio sistema estudiado (Rodríguez Barrios, Serrano, Monleón, & Caro, 2008; Law, 2003).

La principal característica de un sistema de eventos discretos (Barceló, 1996; Guasch, Piera, Casanovas, & Figueres, 2002) es que el sistema está determinado por una secuencia de eventos que ocurren en momentos aleatorios de tiempo $t_1, t_2 \dots t_n$ y el cambio de estado del sistema tiene lugar en esos instantes. (Rodríguez Barrios, Serrano, Monleón, & Caro, 2008).

Cuando se escribe un programa de simulación para MSED se puede realizar una aproximación del esquema temporal de funcionamiento de las entidades en el sistema. Así, deberá describirse la secuencia de eventos y actividades que realizarán las entidades durante su estancia en el sistema y cómo se modificarán. (Rodríguez Barrios, Serrano, Monleón, & Caro, 2008).

Para llevar a cabo la simulación del sistema se deben seguir una serie de etapas, ampliamente identificadas y discutidas en la literatura científica (Chung, 2004; Carson, 2003; Banks, 1999; Ocaña & Monleón, 2006; Monleón, 2005; Rodríguez Barrios, Serrano, Monleón, & Caro, 2008):

1. Formulación de la problemática y determinación de los objetivos
2. Modelado del sistema
3. Implementación del modelo en el ordenador

4. Verificación del programa
5. Validación del modelo
6. Diseño de la simulación y pruebas piloto
7. Ejecución de la simulación
8. Análisis de resultados
9. Documentación del experimento (Rodríguez Barrios, Serrano, Monleón, & Caro, 2008)

Ilustración 3: Metodología general para la simulación de eventos discretos aplicado al modelo propio de recibo de producto terminado



(Rodríguez Barrios, Serrano, Monleón, & Caro, 2008)

Plano recibo de producto terminado

Ilustración 4: Plano en formato PNG del recibo de producto terminado

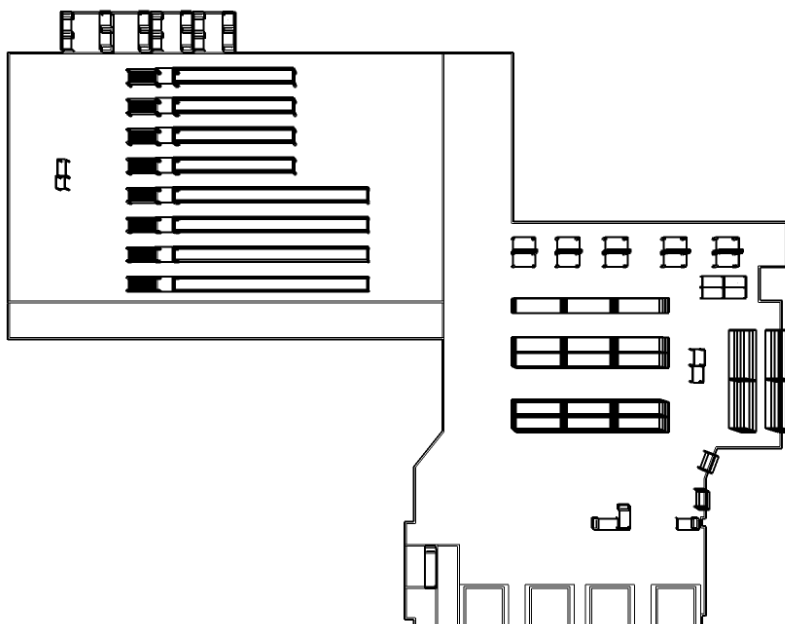
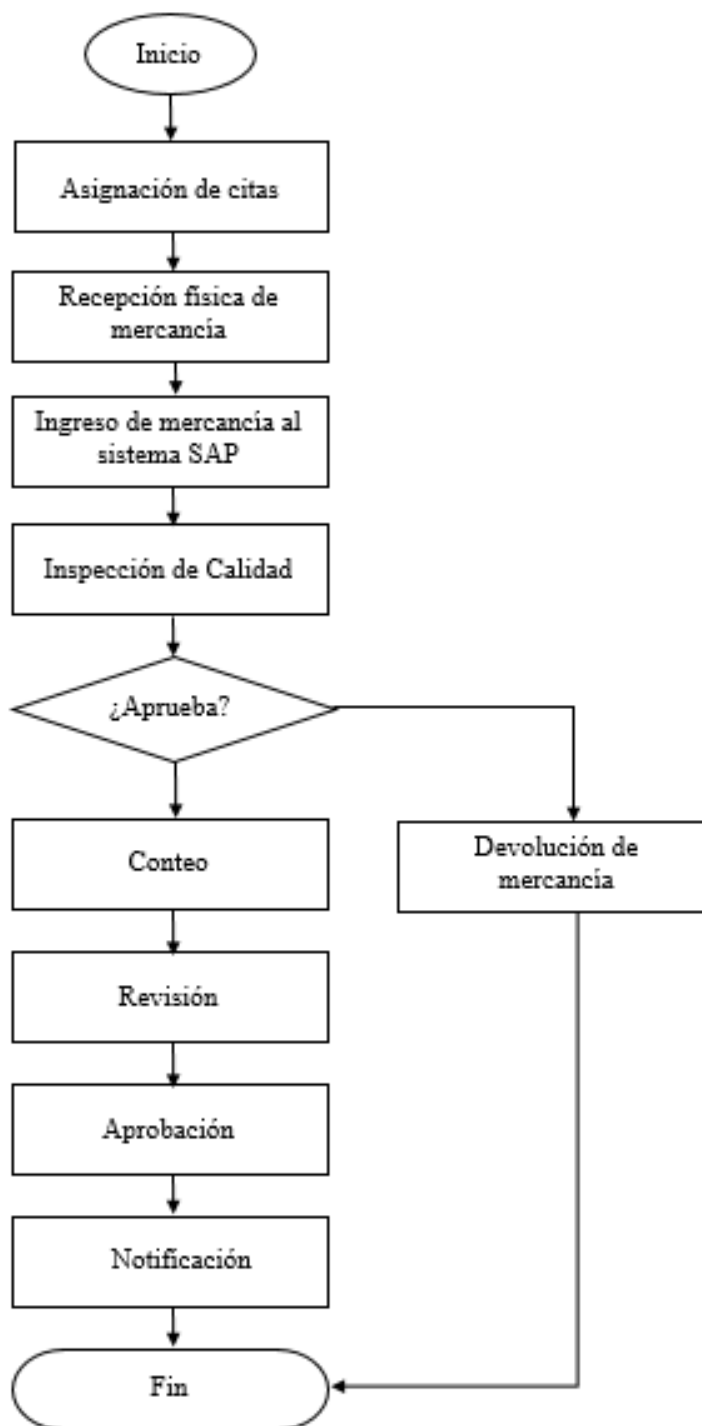


Diagrama del proceso

Ilustración 5: Diagrama proceso recibo de producto terminado



Muestreo

Ingreso físico de producto terminado

Tabla 1: Muestreo en unidades de tiempo para el ingreso físico de producto terminado

Muestra	Tiempo por remisión en minutos	Tiempo por remisión en segundos
1	1,66	99,73
2	2,05	122,77
3	2,34	140,24
4	4,35	261,00
...
326	0,63	38,05
327	1,88	112,53
328	1,39	83,51
329	2,92	175,19

Ingreso de remisiones de Carmel a SAP

Tabla 2: Muestreo en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP

Muestra	Tiempo por remisión en minutos	Tiempo por remisión en segundos
1	1,42	85,00
2	1,85	111,00
3	1,40	84,00
4	1,82	109,00
...
232	1,47	88,00
233	1,32	79,00
234	0,65	39,00
235	0,73	44,00

Ingreso de remisiones de Pacífika a SAP

Tabla 3: Muestreo en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP

Muestra	Tiempo por remisión en minutos	Tiempo por remisión en segundos
1	1,50	90,00
2	4,78	287,00
3	3,28	197,00
4	3,08	185,00
...
132	2,70	162,00
133	4,08	245,00
134	4,75	285,00
135	4,65	279,00

Armado de cajas

Tabla 4: Muestreo en unidades de tiempo para el armado de cajas

Muestra	Tiempo por remisión en minutos	Tiempo por remisión en segundos
1	0,27	16,24
2	0,29	17,36
3	0,28	16,83
4	0,38	22,95
...
57	0,36	21,38
58	0,26	15,67
59	0,28	16,50
60	0,28	16,71

Selección de calidad

Tabla 5: Muestreo en unidades de tiempo para la selección de calidad

Muestra	Tiempo por remisión en minutos	Tiempo por remisión en segundos
1	2,82	169
2	2,38	142,69
3	2,96	177,35
4	2,17	130,34
...
131	1,79	107,35
132	1,30	77,88
133	2,03	121,72
134	1,60	95,91

Auditoría de calidad

Tabla 6: Muestreo en unidades de tiempo para la auditoria de calidad

Muestra	Tiempo por remisión en minutos	Tiempo por remisión en segundos
1	20,33	1220
2	23,70	1422
3	24,53	1472
4	13,62	817
...
225	4,10	246
226	6,13	368
227	9,92	595
228	35,70	2142

Recuperación de segundas

Tabla 7: Muestreo en unidades de tiempo para la recuperación de segundas

Muestra	Tiempo por remisión en minutos	Tiempo por remisión en segundos
1	1,98	118,98
2	1,82	108,91
3	2,80	167,92
4	2,03	121,94
...
391	3,24	194,13
392	2,31	138,57
393	2,13	127,80
394	2,03	121,78

Lavado de prendas

Tabla 8: Muestreo en unidades de tiempo para el lavado de prendas

Muestra	Tiempo por unidad en minutos	Tiempo por unidad en segundos
1	0,56	33,40
2	1,65	98,70
3	2,79	167,20
4	0,32	19,40
...
124	0,99	59,17
125	0,78	46,87
126	1,08	64,83
127	1,44	86,51

Abastecimiento a las bandas de conteo

Tabla 9: Muestreo en unidades de tiempo para el abastecimiento a las bandas de conteo

Muestra	Tiempo por remisión en minutos	Tiempo por remisión en segundos
1	1,71	102,65
2	1,84	110,17
3	2,38	142,71
4	2,28	136,50
...
497	3,06	183,37
498	1,90	113,97
499	2,29	137,43
500	2,54	152,56

Conteo en bandas

Tabla 10: Muestreo en unidades de tiempo para el conteo en bandas

Muestra	Tiempo por unidad en minutos	Tiempo por unidad en segundos
1	0,15167	9,100
2	0,03333	2,000
3	0,04389	2,633
4	0,08519	5,111
...
185	0,23833	14,300
186	0,02944	1,767
187	0,10784	6,471
188	0,04634	2,780

Revisión de remisiones

Tabla 11: Muestreo en unidades de tiempo para la revisión de remisiones

Muestra	Tiempo por remisión en minutos	Tiempo por remisión en segundos
1	7,28	436,63
2	11,26	675,31
3	9,35	561,16
4	9,58	575,09
...
636	7,68	460,91
637	9,01	540,86
638	6,39	383,65
639	8,01	480,47

Aprobación de remisiones

Tabla 12: Muestreo en unidades de tiempo para la aprobación de remisiones

Muestra	Tiempo por remisión en minutos	Tiempo por remisión en segundos
1	2,38	142,80
2	1,57	94,20
3	1,08	64,80
4	1,57	94,20
...
194	2,37	142,44
195	1,94	116,47
196	1,33	79,69
197	2,34	140,26

Estadísticos descriptivos relacionados al muestreo

Ingreso físico de producto terminado

Tabla 13: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso físico de producto terminado

Tiempo remisiones en minutos	
Media	2,21
Error típico	0,05
Mediana	2,20
Moda	0,63
Desviación estándar	0,92
Varianza de la muestra	0,84
Curtosis	0,15
Coefficiente de asimetría	0,34
Rango	5,19
Mínimo	0,14
Máximo	5,33
Suma	727,80
Cuenta	329

Tabla 14: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso físico de producto terminado

Tiempo remisiones en segundos	
Media	132,73
Error típico	3,03
Mediana	131,90
Moda	38,05
Desviación estándar	54,90
Varianza de la muestra	3014,22
Curtosis	0,15
Coefficiente de asimetría	0,34
Rango	311,31
Mínimo	8,27

Máximo	319,58
Suma	43668,08
Cuenta	329

Ingreso de remisiones de Carmel a SAP

Tabla 15: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso físico de remisiones de Carmel a SAP

Tiempo remisiones en minutos	
Media	1,23
Error típico	0,03
Mediana	1,12
Moda	0,90
Desviación estándar	0,46
Varianza de la muestra	0,21
Curtosis	-0,01
Coficiente de asimetría	0,86
Rango	1,88
Mínimo	0,57
Máximo	2,45
Suma	289,10
Cuenta	235

Tabla 16: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso físico de remisiones de Carmel a SAP

Tiempo remisiones en segundos	
Media	73,81
Error típico	1,79
Mediana	67,00
Moda	54,00
Desviación estándar	27,38
Varianza de la muestra	749,55
Curtosis	-0,01
Coficiente de asimetría	0,86
Rango	113,00

Mínimo	34,00
Máximo	147,00
Suma	17346,00
Cuenta	235

Ingreso de remisiones de Pacífika a SAP

Tabla 17: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso físico de remisiones de Pacífika a SAP

Tiempo remisiones en minutos	
Media	1,93
Error típico	0,11
Mediana	1,50
Moda	0,72
Desviación estándar	1,26
Varianza de la muestra	1,59
Curtosis	-0,54
Coefficiente de asimetría	0,82
Rango	4,38
Mínimo	0,53
Máximo	4,92
Suma	260,67
Cuenta	135

Tabla 18: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso físico de remisiones de Pacífika a SAP

Tiempo remisiones en segundos	
Media	115,85
Error típico	6,51
Mediana	90,00
Moda	43,00
Desviación estándar	75,64
Varianza de la muestra	5721,56
Curtosis	-0,54
Coefficiente de asimetría	0,82

Rango	263,00
Mínimo	32,00
Máximo	295,00
Suma	15640,00
Cuenta	135

Armado de cajas

Tabla 19: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en minutos para el armado de cajas

Tiempo unidades en minutos	
Media	0,31
Error típico	0,00
Mediana	0,30
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,03
Varianza de la muestra	0,00
Curtosis	-0,69
Coefficiente de asimetría	0,31
Rango	0,15
Mínimo	0,23
Máximo	0,38
Suma	18,35
Cuenta	60

Tabla 20: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en segundos para el armado de cajas

Tiempo unidades en segundos	
Media	18,35
Error típico	0,26
Mediana	18,14
Moda	#N/A
Desviación estándar	2,00
Varianza de la muestra	4,02
Curtosis	-0,69

Coefficiente de asimetría	0,31
Rango	8,96
Mínimo	13,99
Máximo	22,95
Suma	1101,18
Cuenta	60

Selección de calidad

Tabla 21: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para la selección de calidad

Tiempo remisiones en minutos	
Media	2.05
Error típico	0.03
Mediana	2.05
Moda	2.29
Desviación estándar	0.39
Varianza de la muestra	0.15
Curtosis	0.13
Coefficiente de asimetría	0.24
Rango	2.12
Mínimo	1.01
Máximo	3.13
Suma	275.13
Cuenta	134

Tabla 22: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para la selección de calidad

Tiempo remisiones en segundos	
Media	123.19
Error típico	2.04
Mediana	122.97
Moda	137.23
Desviación estándar	23.56
Varianza de la muestra	554.95

Curtosis	0.13
Coefficiente de asimetría	0.24
Rango	127.48
Mínimo	60.54
Máximo	188.02
Suma	16507.66
Cuenta	134

Auditoría de calidad

Tabla 23: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para la auditoría de calidad

Tiempo remisiones en minutos	
Media	11,82
Error típico	0,52
Mediana	10,45
Moda	20,80
Desviación estándar	7,90
Varianza de la muestra	62,38
Curtosis	1,54
Coefficiente de asimetría	1,22
Rango	38,99
Mínimo	0,83
Máximo	39,82
Suma	2695,31
Cuenta	228

Tabla 24: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para la auditoría de calidad

Tiempo remisiones en segundos	
Media	709,29
Error típico	31,38
Mediana	626,50
Moda	1248,00
Desviación estándar	473,89

Varianza de la muestra	224573,99
Curtosis	1,54
Coefficiente de asimetría	1,22
Rango	2339,00
Mínimo	50,00
Máximo	2389,00
Suma	161717,00
Cuenta	228

Recuperación de segundas

Tabla 25: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en minutos para la recuperación de segundas

Tiempo unidades en minutos	
Media	2,42
Error típico	0,05
Mediana	2,35
Moda	2,43
Desviación estándar	0,89
Varianza de la muestra	0,79
Curtosis	0,03
Coefficiente de asimetría	0,32
Rango	5,17
Mínimo	0,49
Máximo	5,66
Suma	924,77
Cuenta	382

Tabla 26: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en segundos para la recuperación de segundas

Tiempo unidades en segundos	
Media	145,25
Error típico	2,73
Mediana	140,77
Moda	145,59

Desviación estándar	53,42
Varianza de la muestra	2854,14
Curtosis	0,03
Coefficiente de asimetría	0,32
Rango	310,21
Mínimo	29,10
Máximo	339,31
Suma	55486,41
Cuenta	382

Lavado de prendas

Tabla 27: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en minutos para el lavado de prendas

Tiempo unidades en minutos	
Media	1.59
Error típico	0.10
Mediana	1.30
Moda	0.73
Desviación estándar	1.17
Varianza de la muestra	1.36
Curtosis	11.20
Coefficiente de asimetría	2.84
Rango	8.03
Mínimo	0.32
Máximo	8.35
Suma	202.17
Cuenta	127

Tabla 28: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en segundos para el lavado de prendas

Tiempo unidades en segundos	
Media	95.51
Error típico	6.21
Mediana	77.84

Moda	43.60
Desviación estándar	70.01
Varianza de la muestra	4901.93
Curtosis	11.20
Coefficiente de asimetría	2.84
Rango	481.50
Mínimo	19.40
Máximo	500.90
Suma	12130.32
Cuenta	127

Abastecimiento a las bandas de conteo

Tabla 29: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para el abastecimiento a las bandas de conteo

Tiempo remisiones en minutos	
Media	2,49
Error típico	0,03
Mediana	2,49
Moda	2,34
Desviación estándar	0,59
Varianza de la muestra	0,35
Curtosis	-0,35
Coefficiente de asimetría	0,00
Rango	2,94
Mínimo	1,03
Máximo	3,98
Suma	1244,81
Cuenta	500

Tabla 30: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para el abastecimiento a las bandas de conteo

Tiempo remisiones en segundos	
Media	149,38
Error típico	1,58

Mediana	149,64
Moda	140,17
Desviación estándar	35,25
Varianza de la muestra	1242,77
Curtosis	-0,35
Coefficiente de asimetría	0,00
Rango	176,58
Mínimo	61,96
Máximo	238,54
Suma	74688,35
Cuenta	500

Conteo en bandas

Tabla 31: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en minutos para el conteo en bandas

Tiempo unidades en minutos	
Media	0,08
Error típico	0,01
Mediana	0,05
Moda	0,06
Desviación estándar	0,08
Varianza de la muestra	0,01
Curtosis	5,56
Coefficiente de asimetría	2,42
Rango	0,41
Mínimo	0,01
Máximo	0,42
Suma	14,72
Cuenta	188

Tabla 32: Estadísticos descriptivos para el tiempo por unidad en segundos para el conteo en bandas

Tiempo unidades en segundos	
Media	4,70

Error típico	0,35
Mediana	3,03
Moda	3,75
Desviación estándar	4,74
Varianza de la muestra	22,49
Curtosis	5,56
Coefficiente de asimetría	2,42
Rango	24,57
Mínimo	0,43
Máximo	25,00
Suma	883,38
Cuenta	188

Revisión de remisiones

Tabla 33: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos la revisión de remisiones

Tiempo remisiones en minutos	
Media	7,97
Error típico	0,09
Mediana	7,89
Moda	8,15
Desviación estándar	2,39
Varianza de la muestra	5,69
Curtosis	-0,13
Coefficiente de asimetría	0,07
Rango	14,72
Mínimo	1,89
Máximo	16,61
Suma	5090,60
Cuenta	639

Tabla 34: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en segundos para la revisión de remisiones

Tiempo remisiones en segundos

Media	477,99
Error típico	5,66
Mediana	473,67
Moda	489,13
Desviación estándar	143,13
Varianza de la muestra	20486,81
Curtosis	-0,13
Coefficiente de asimetría	0,07
Rango	883,07
Mínimo	113,27
Máximo	996,34
Suma	305436,25
Cuenta	639

Aprobación de remisiones

Tabla 35: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para la aprobación de remisiones

Tiempo remisiones en minutos	
Media	1.54
Error típico	0.04
Mediana	1.44
Moda	1.17
Desviación estándar	0.58
Varianza de la muestra	0.33
Curtosis	2.00
Coefficiente de asimetría	1.19
Rango	3.20
Mínimo	0.62
Máximo	3.82
Suma	303.81
Cuenta	197

Tabla 36: Estadísticos descriptivos para el tiempo por remisión en minutos para la aprobación de remisiones

Tiempo remisiones en segundos	
Media	92.53
Error típico	2.46
Mediana	86.65
Moda	70.20
Desviación estándar	34.53
Varianza de la muestra	1192.55
Curtosis	2.00
Coefficiente de asimetría	1.19
Rango	192.00
Mínimo	37.20
Máximo	229.20
Suma	18228.54
Cuenta	197

Ajuste de distribución

Ingreso físico de producto terminado

Mediante el análisis de los datos se tiene que el ingreso físico de producto terminado se podría modelar mediante una distribución normal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 37: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal del ingreso físico de producto terminado

Minutos	Segundos
Media = 2,21219	Media = 132,73
Desviación Estándar = 0,915081	Desviación Estándar = 54,9019

Pruebas de bondades de ajuste para ingreso físico de producto terminado

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 38: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el ingreso físico de producto terminado

Normal	Minutos	Segundos
DMAS	0,0480646	0,0473629
DMENOS	0,0271945	0,0276771
DN	0,0480646	0,0473629
Valor-P	0,43966	0,4598

Anderson-Darling A^2

Tabla 39: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el ingreso físico de producto terminado

	Normal	Minutos	Segundos
A^2		0,731741	0,727514
Forma Modificada		0,731741	0,727514
Valor-P		≥ 0.10	≥ 0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en el ingreso físico de producto terminado medido en minutos y segundos proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Ilustración 6: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso físico de producto terminado

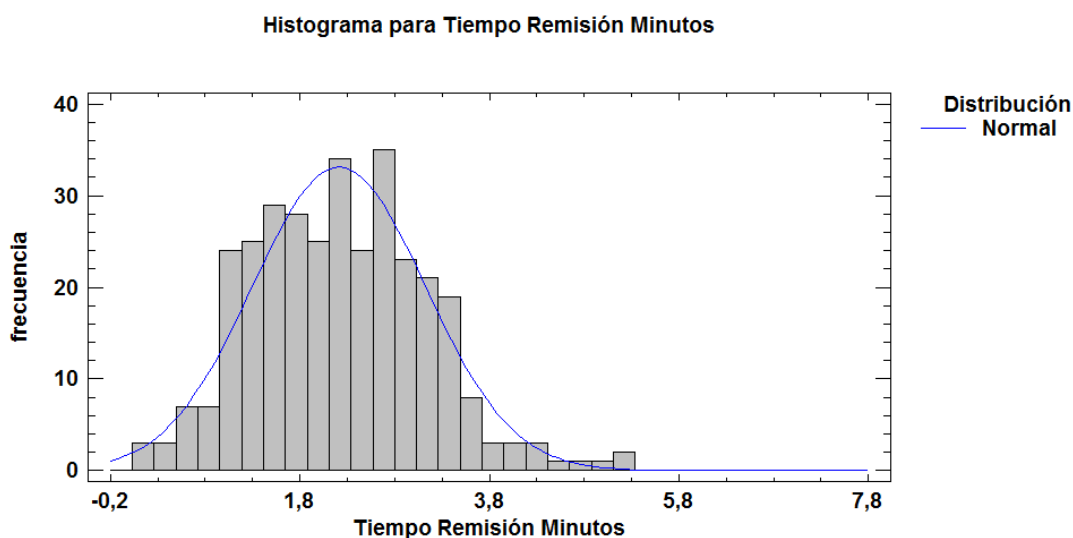
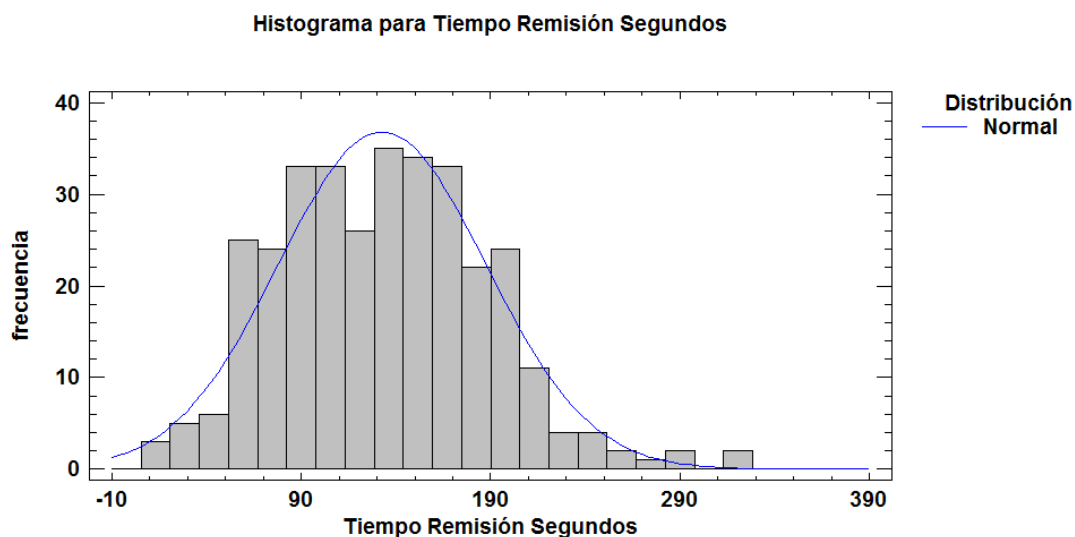


Ilustración 7: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso físico de producto terminado



Ingreso de remisiones de Carmel a SAP

Mediante el análisis de los datos se tiene que el ingreso al sistema de las remisiones de Carmel se podría modelar mediante una distribución lognormal tanto para minutos como para con los siguientes parámetros:

Tabla 40: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal del ingreso de remisiones de Carmel a SAP

Lognormal	Minutos	Segundos
Media	1,22942	73,7416
Desviación Estándar	0,45108	27,0812
Escala Log Media	0,143393	4,23731
Escala Log Desv. Est.	0,355383	0,355692

Pruebas de bondades de ajuste para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 41: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP

Normal	Minutos	Segundos
DMAS	0,0779844	0,0777274
DMENOS	0,0449925	0,043593
DN	0,0779844	0,0777274
Valor-P	0,114739	0,116918

Anderson-Darling A²

Tabla 42: Prueba Anderson-Darling A² para determinar ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP

Normal	Minutos	Segundos
A ²	1,37786	1,37821
Forma Modificada	1,37786	1,37821
Valor-P	≥ 0.10	≥ 0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en el ingreso de remisiones de Carmel a SAP medido en minutos y segundos proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.

Ilustración 8: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP

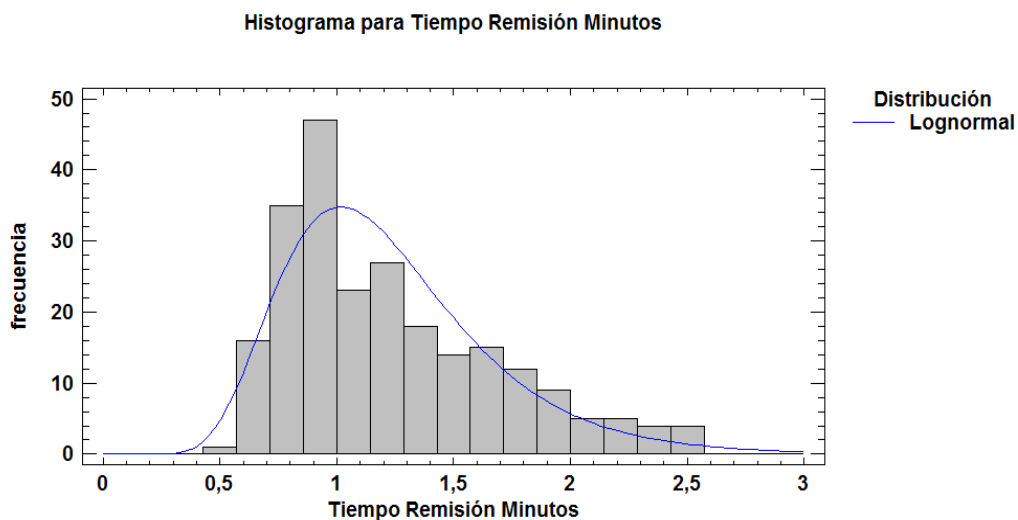
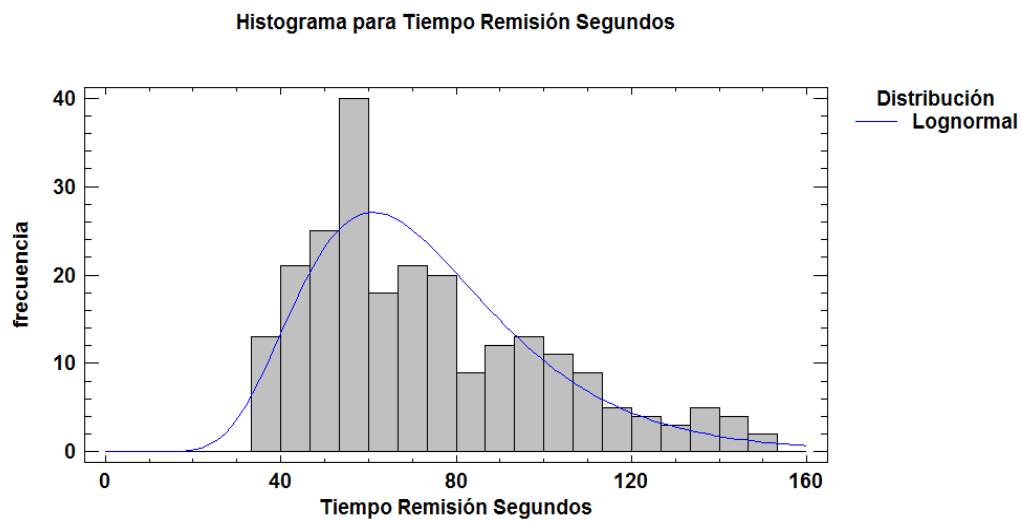


Ilustración 9: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso de remisiones de Carmel a SAP



Ingreso de remisiones de Pacífika a SAP

Mediante el análisis de los datos se tiene que el ingreso al sistema de las remisiones de Pacífika se podría modelar mediante una distribución lognormal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 43: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal del ingreso de remisiones de Pacífika a SAP

Lognormal	Minutos	Segundos
Media	1,9398	116,39
Desviación Estándar	1,43059	85,8531
Escala Log Media	0,44543	4,53972
Escala Log Desv. Est.	0,659021	0,659123

Pruebas de bondades de ajuste para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 44: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP

Normal	Minutos	Segundos
DMAS	0,113773	0,112111
DMENOS	0,102108	0,101667
DN	0,113773	0,112111
Valor-P	0,0607005	0,0671752

Anderson-Darling A^2

Tabla 45: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP

	Normal	Minutos	Segundos
A^2		2,74429	2,75691
Forma Modificada		2,74429	2,75691
Valor-P		≥ 0.05	≥ 0.05

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP medido en minutos y segundos proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.

Ilustración 10: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP

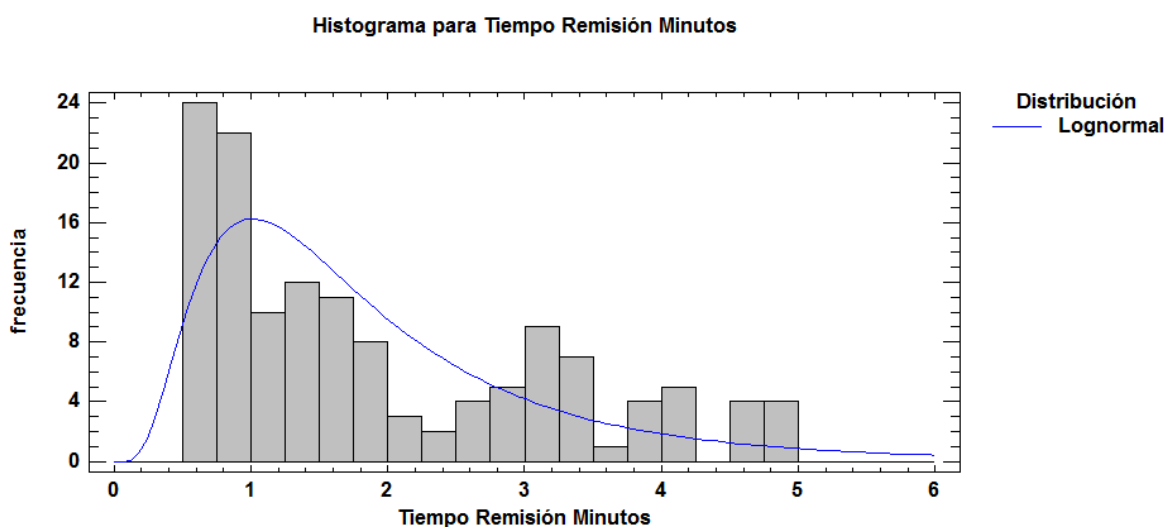
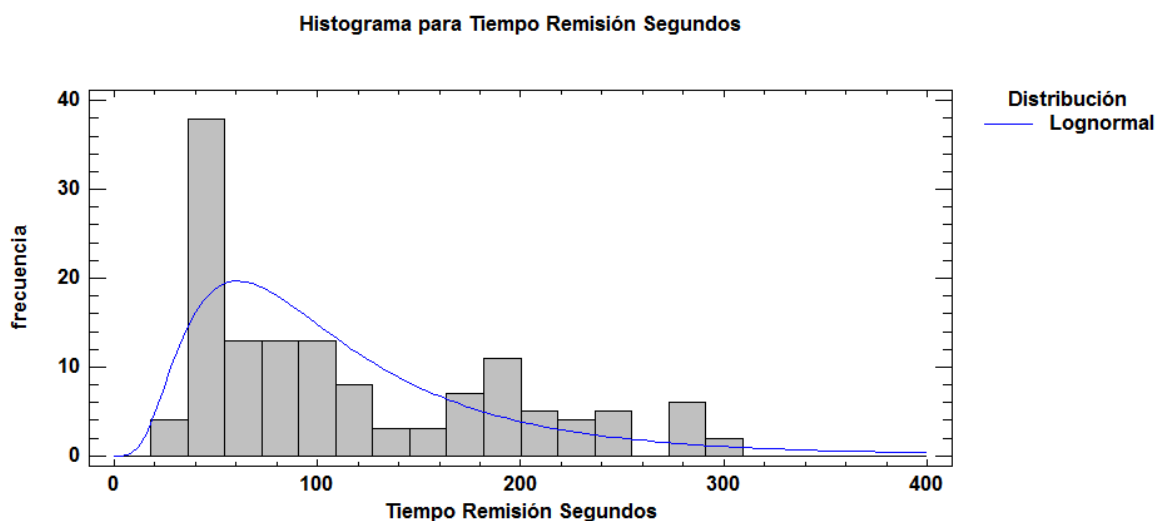


Ilustración 11: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el ingreso de remisiones de Pacífika a SAP



Armado de cajas

Mediante el análisis de los datos se tiene que el armado de cajas se podría modelar mediante una distribución normal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 46: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal del armado de cajas

Normal	Minutos	Segundos
Media	0,305833	18,353
Desviación Estándar	0,0337132	2,00392

Pruebas de bondades de ajuste para el armado de cajas

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 47: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el armado de cajas

Normal	Minutos	Segundos
DMAS	0,130698	0,103848
DMENOS	0,0703262	0,0673111
DN	0,130698	0,103848
Valor-P	0,257786	0,553913

Anderson-Darling A²

Tabla 48: Prueba Anderson-Darling A² para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el armado de cajas

Normal	Minutos	Segundos
A ²	0,815553	0,763844
Forma Modificada	0,815553	0,763844
Valor-P	≥ 0.10	≥ 0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en el armado de cajas en minutos y segundos proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Ilustración 12: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el armado de cajas

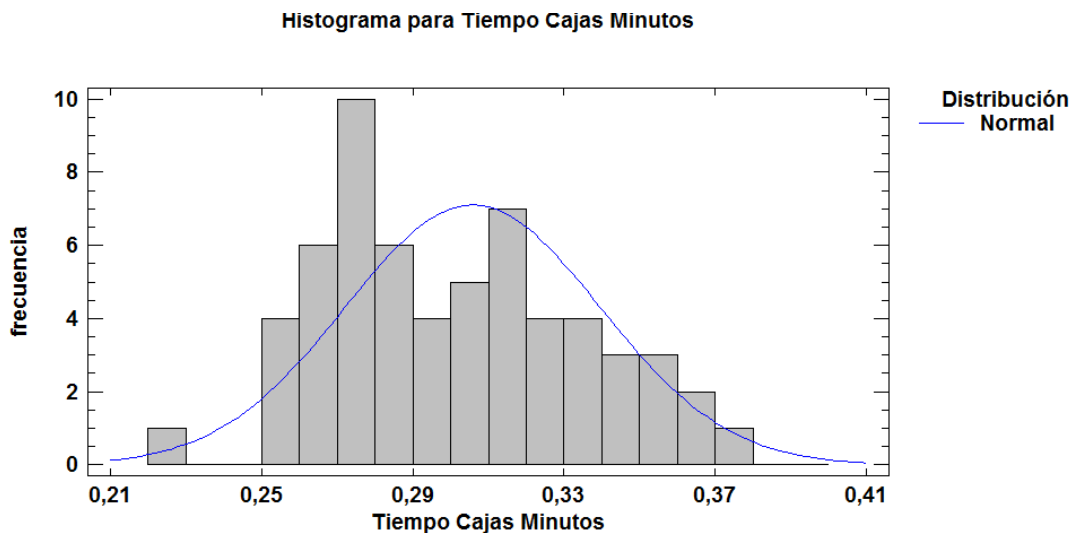
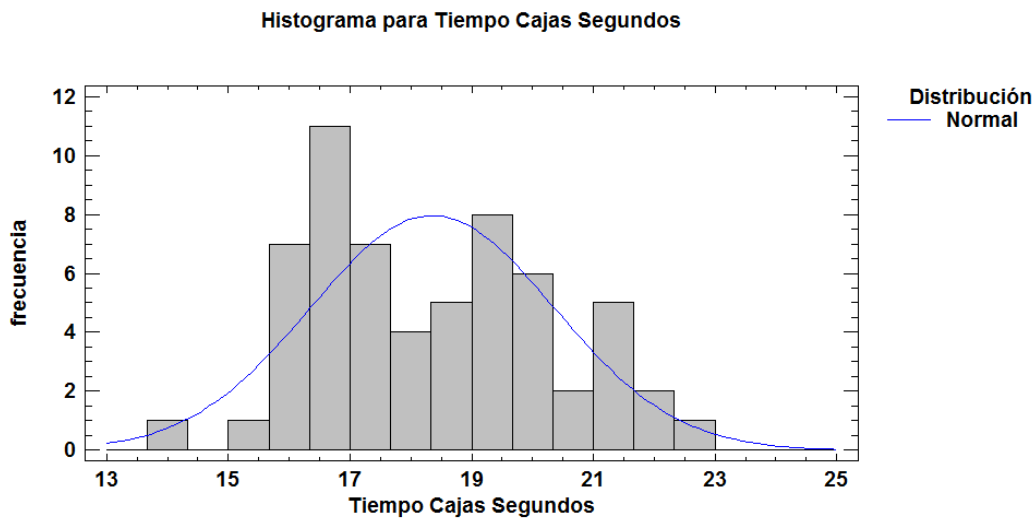


Ilustración 13: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el armado de cajas



Selección de calidad

Mediante el análisis de los datos se tiene que la selección de calidad se podría modelar mediante una distribución normal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 49: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal de la selección de calidad

Normal	Minutos	Segundos
Media	2,05343	123,191
Desviación Estándar	0,392561	23,557

Pruebas de bondades de ajuste para la selección de calidad

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 50: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la selección de calidad

Normal	Minutos	Segundos
DMAS	0,0456403	0,0461885
DMENOS	0,0248965	0,0241915
DN	0,0456403	0,0461885
Valor-P	0,942896	0,937371

Anderson-Darling A^2

Tabla 51: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la selección de calidad

Normal	Minutos	Segundos
A^2	0,288197	0,289787
Forma Modificada	0,288197	0,289787
Valor-P	≥ 0.10	≥ 0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en la selección de calidad medido en minutos y segundos proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Ilustración 14: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para la selección de calidad

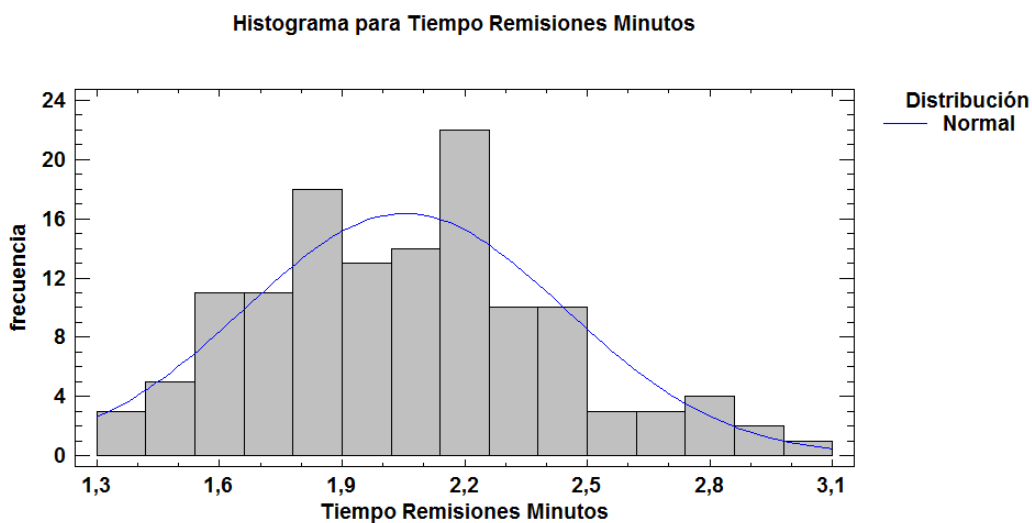
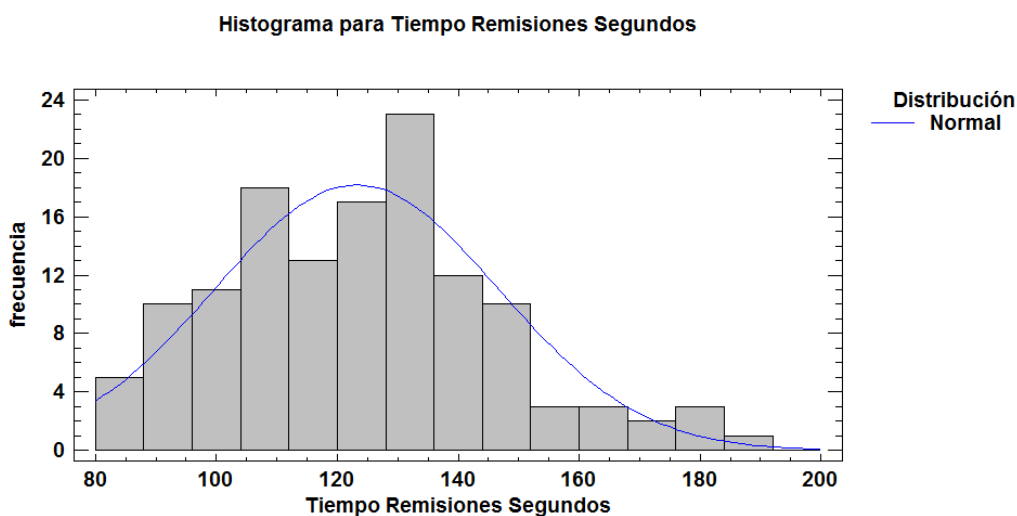


Ilustración 15: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para la selección de calidad



Auditoría de calidad

Mediante el análisis de los datos se tiene que la auditoría de calidad se podría modelar mediante una distribución lognormal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 52: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal de auditoría de calidad

Lognormal	Minutos	Segundos
Media	12,3594	741,516
Desviación Estándar	10,8894	653,213
Escala Log Media	2,22716	6,32151
Escala Log Dev. Est.	0,757968	0,757873

Pruebas de bondades de ajuste para la auditoría de calidad

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 53: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la auditoría de calidad

Normal	Minutos	Segundos
DMAS	0,0338957	0,0338371
DMENOS	0,070825	0,0709974
DN	0,070825	0,0709974
Valor-P	0,203171	0,200915

Anderson-Darling A²

Tabla 54: Prueba Anderson-Darling A² para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la auditoría de calidad

Normal	Minutos	Segundos
A ²	1,85432	1,85251
Forma Modificada	1,85432	1,85251
Valor-P	≥ 0.10	≥ 0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en la auditoría de calidad medido en minutos y segundos proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.

Ilustración 16: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para la auditoría de calidad

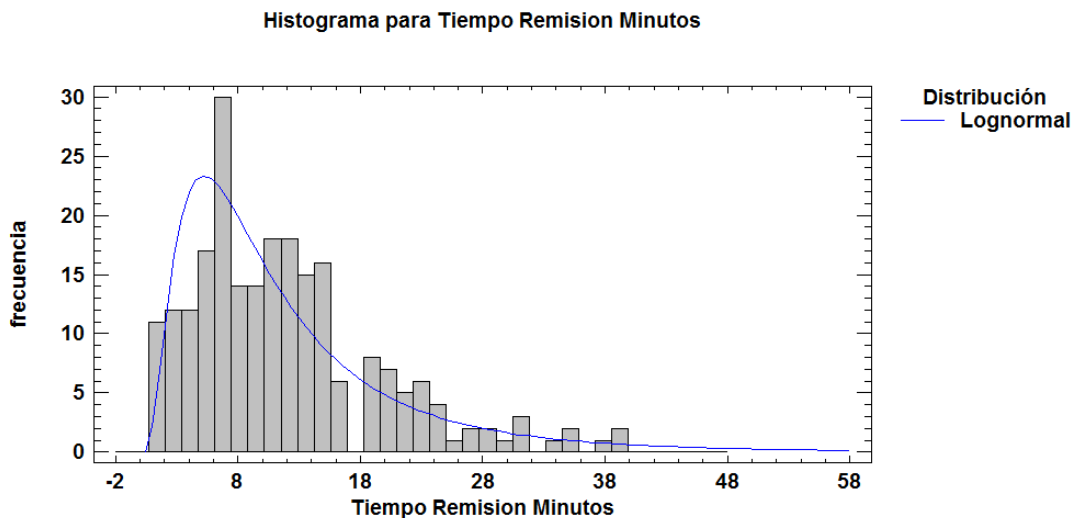
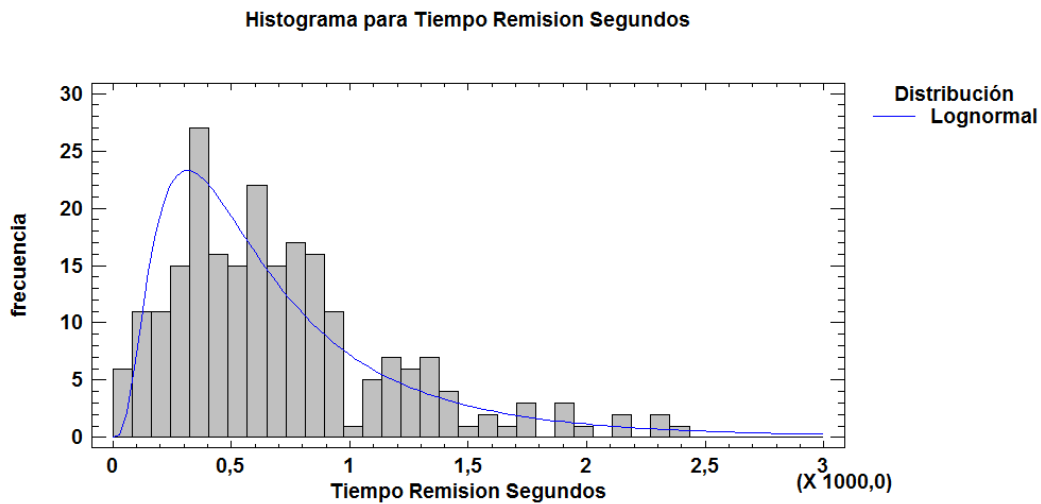


Ilustración 17: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para la auditoría de calidad



Recuperación de segundas

Mediante el análisis de los datos se tiene que la recuperación de segundas se podría modelar mediante una distribución normal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 55: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal de recuperación de segundas

Normal	Minutos	Segundos
Media	2,42081	145,252
Desviación Estándar	0,890424	53,424

Pruebas de bondades de ajuste para recuperación de segundas

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 56: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la recuperación de segundas

Normal	Minutos	Segundos
DMAS	0,0508542	0,0494616
DMENOS	0,0291298	0,0288635
DN	0,0508542	0,0494616
Valor-P	0,277664	0,309095

Anderson-Darling A^2

Tabla 57: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la recuperación de segundas

Normal	Minutos	Segundos
A^2	0,191431	0,658211
Forma Modificada	0,191431	0,658211
Valor-P	≥ 0.10	≥ 0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en la recuperación de segundas medido en minutos y segundos proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Ilustración 18: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para la recuperación de segundas

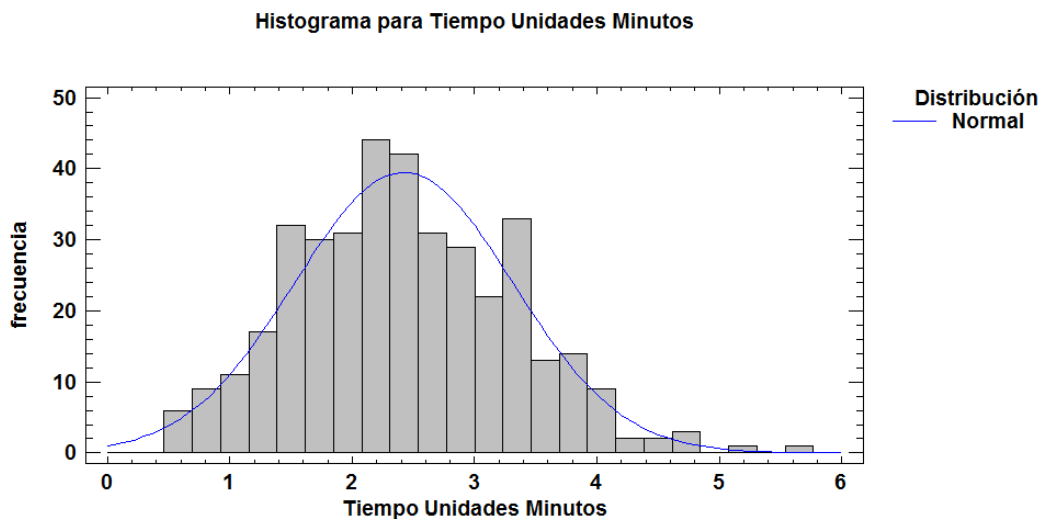
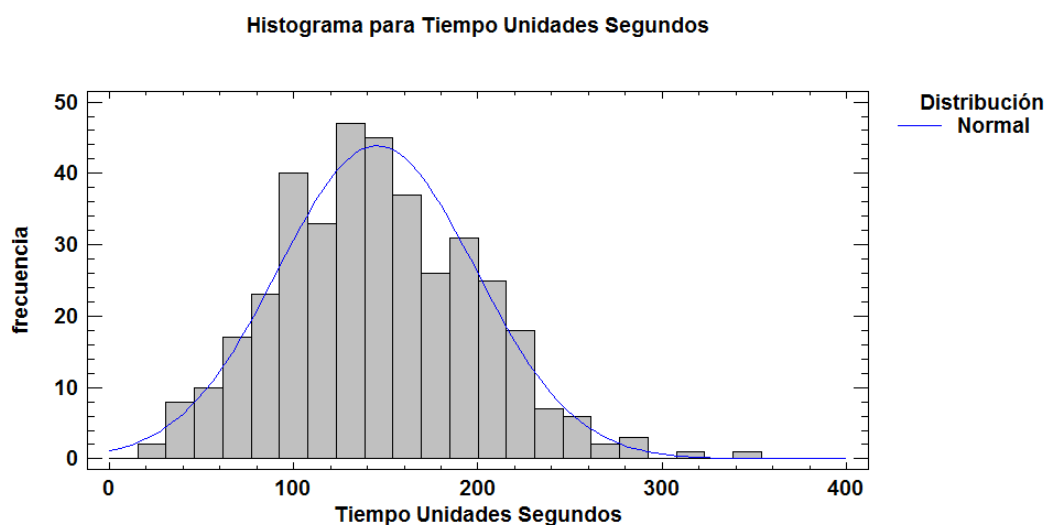


Ilustración 19: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para la recuperación de segundas



Lavado de prendas

Mediante el análisis de los datos se tiene que el lavado se podría modelar mediante una distribución lognormal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 58: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal del lavado

Lognormal	Minutos	Segundos
Media	1,57676	94,5874
Desviación Estándar	1,03022	61,8036
Escala Log Media	0,277617	4,37176
Escala Log Desv. Est.	0,596243	0,596262

Pruebas de bondades de ajuste para el lavado de prendas

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 59: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el lavado de prendas

Lognormal	Minutos	Segundos
DMAS	0,054079	0,0548303
DMENOS	0,0359469	0,0333531
DN	0,054079	0,0548303
Valor-P	0,851543	0,839722

Anderson-Darling A²

Tabla 60: Prueba Anderson-Darling A² para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el lavado de prendas

Lognormal	Minutos	Segundos
A ²	0,346145	0,346445
Forma Modificada	0,346145	0,346445
Valor-P	≥ 0.10	≥ 0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en el lavado medido en minutos y segundos proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.

Ilustración 20: Histograma para el tiempo por remisión en minutos el lavado

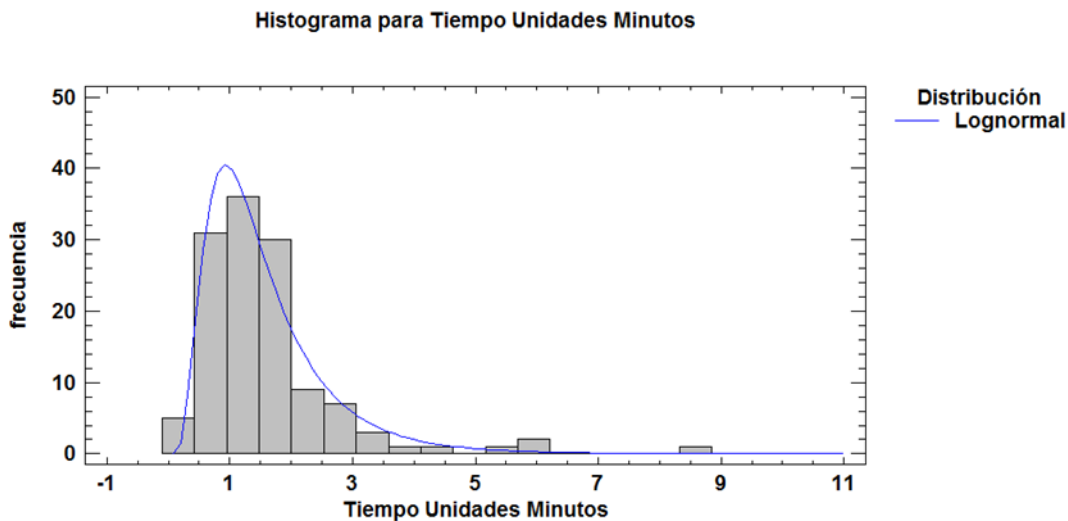
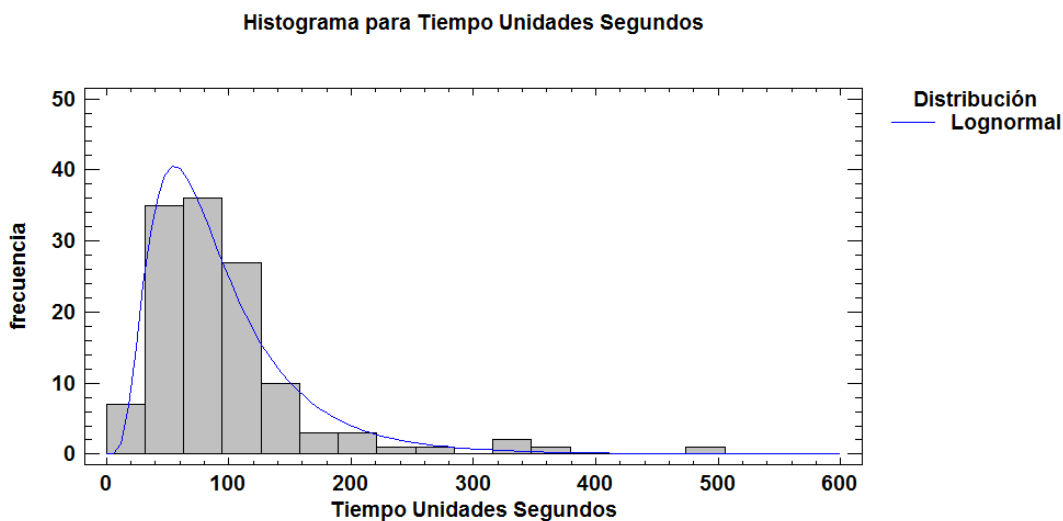


Ilustración 21: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el lavado



Abastecimiento a las bandas de conteo

Mediante el análisis de los datos se tiene que abastecer bandas se podría modelar mediante una distribución normal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 61: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal del abastecimiento a bandas de conteo

Normal	Minutos	Segundos
Media	2,48974	149,377
Desviación Estándar	0,587503	35,2528

Pruebas de bondades de ajuste para el abastecimiento a bandas de conteo

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 62: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el abastecimiento a bandas de conteo

Normal	Minutos	Segundos
DMAS	0,0304589	0,0295479
DMENOS	0,0243483	0,0236572
DN	0,0304589	0,0295479
Valor-P	0,742453	0,775238

Anderson-Darling A²

Tabla 63: Prueba Anderson-Darling A² para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para el abastecimiento a bandas de conteo

Normal	Minutos	Segundos
A ²	0,332369	0,328158
Forma Modificada	0,332369	0,328158
Valor-P	>=0.10	>=0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en el abastecimiento a las bandas en minutos y segundos proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Ilustración 22: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el abastecimiento a bandas de conteo

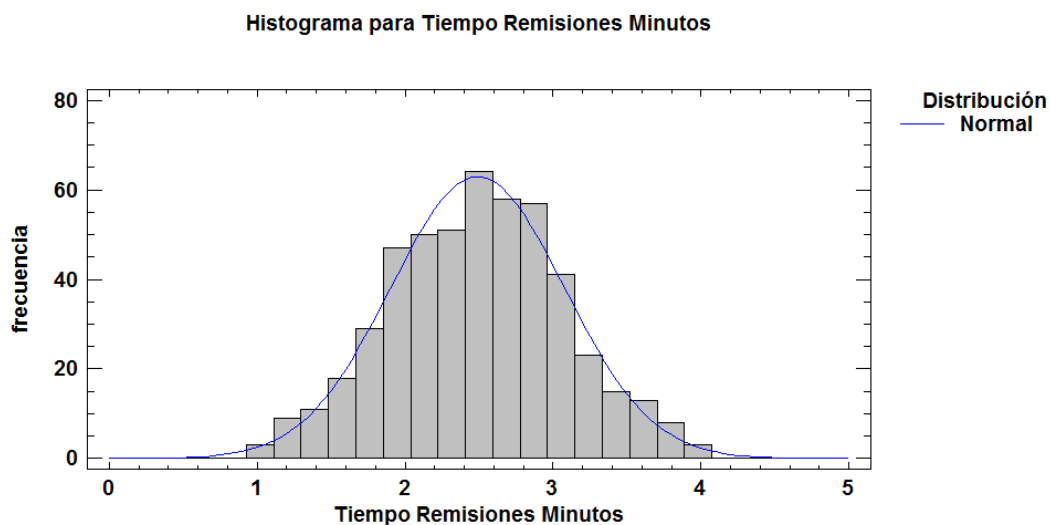
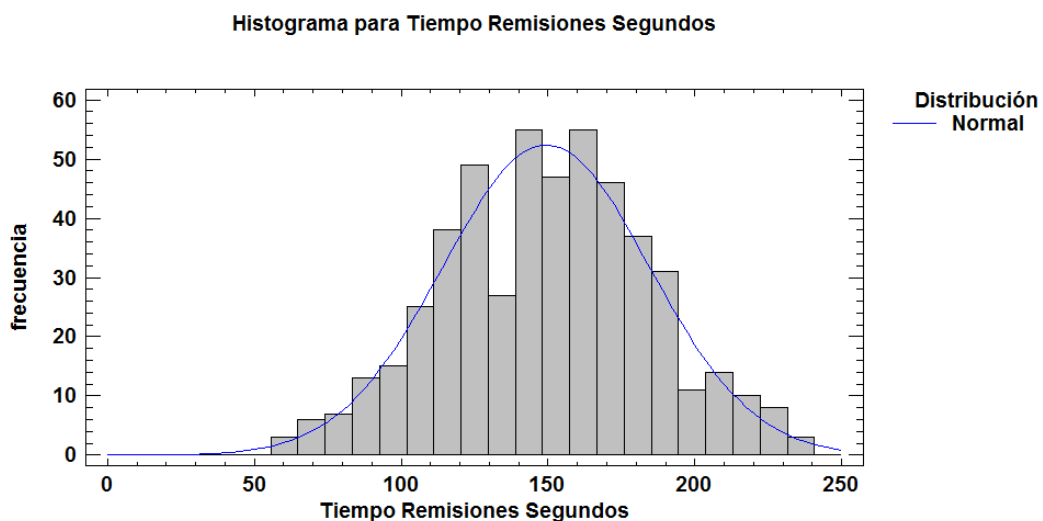


Ilustración 23: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el abastecimiento a bandas de conteo



Conteo en bandas

Mediante el análisis de los datos se tiene que el conteo se podría modelar mediante una distribución lognormal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 64: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal para el conteo en banda

Lognormal	Minutos	Segundos
Media	0,0742428	4,45448
Desviación Estándar	0,0667366	4,00386
Escala Log Media	-2,89653	1,19783
Escala Log Desv. Est.	0,769565	0,769527

Pruebas de bondades de ajuste para el conteo en banda

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 65: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el conteo en banda

Lognormal	Minutos	Segundos
DMAS	0,0864205	0,0864223
DMENOS	0,0655204	0,0656267
DN	0,0864205	0,0864223
Valor-P	0,1727	0,172682

Anderson-Darling A^2

Tabla 66: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para el conteo en banda

Lognormal	Minutos	Segundos
A^2	2,29714	2,29751
Forma Modificada	2,29714	2,29751
Valor-P	≥ 0.10	≥ 0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en el conteo en minutos y segundos proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.

Ilustración 24: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para el conteo en bandas

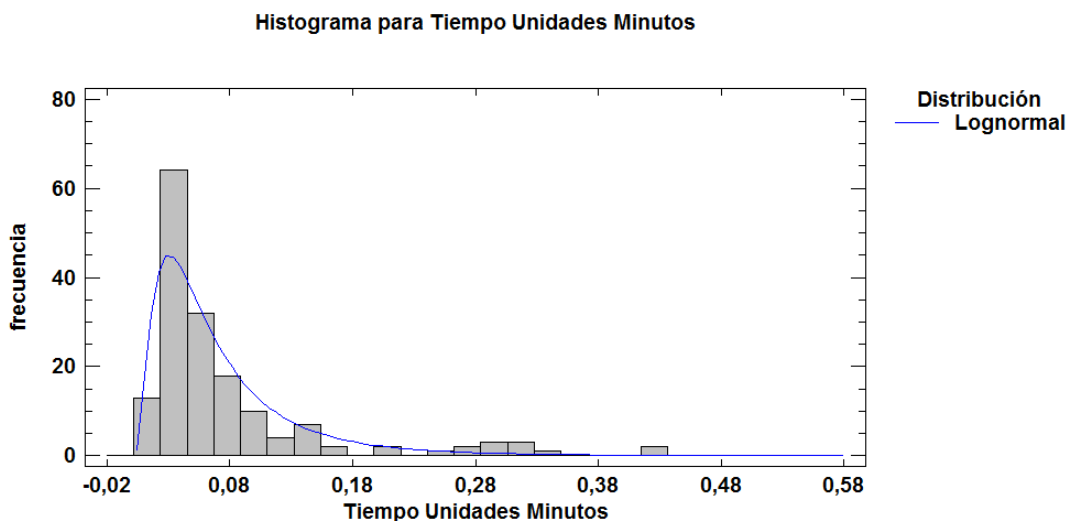
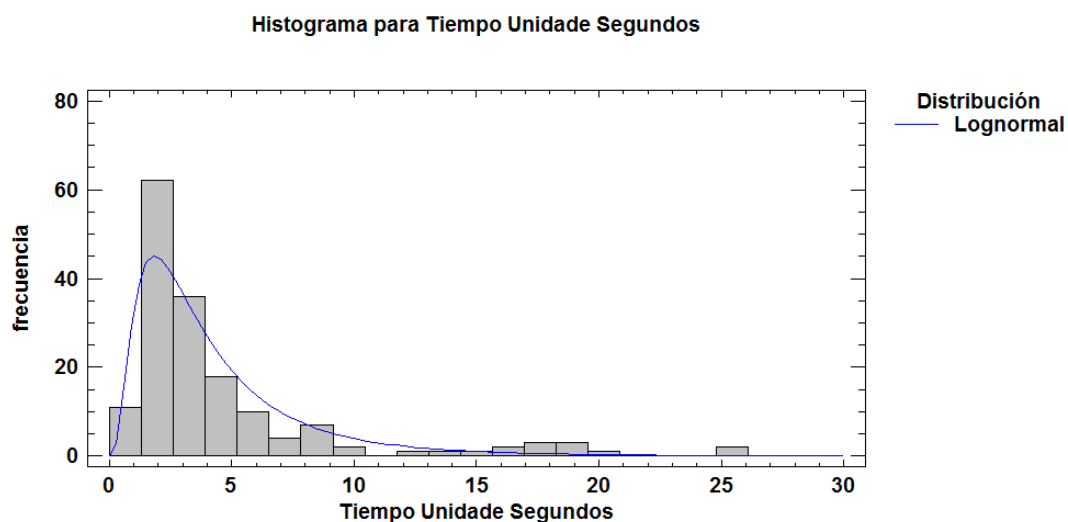


Ilustración 25: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para el conteo en bandas



Revisión de remisiones

Mediante el análisis de los datos se tiene que revisión se podría modelar mediante una distribución normal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 67: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución normal para la revisión de remisiones

Normal	Minutos	Segundos
Media	7,96645	477,991
Desviación Estándar	2,38556	143,132

Pruebas de bondades de ajuste para la revisión de remisiones

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 68: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la revisión de remisiones

Normal	Minutos	Segundos
DMAS	0,0235671	0,0240617
DMENOS	0,0278468	0,0276396
DN	0,0278468	0,0276396
Valor-P	0,704695	0,713421

Anderson-Darling A²

Tabla 69: Prueba Anderson-Darling A² para determinar el ajuste a la distribución normal en unidades de tiempo para la revisión de remisiones

Normal	Minutos	Segundos
A ²	0,426157	0,424287
Forma Modificada	0,426157	0,424287
Valor-P	≥ 0.10	≥ 0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en la revisión en minutos y segundos proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Ilustración 26: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para la revisión de remisiones

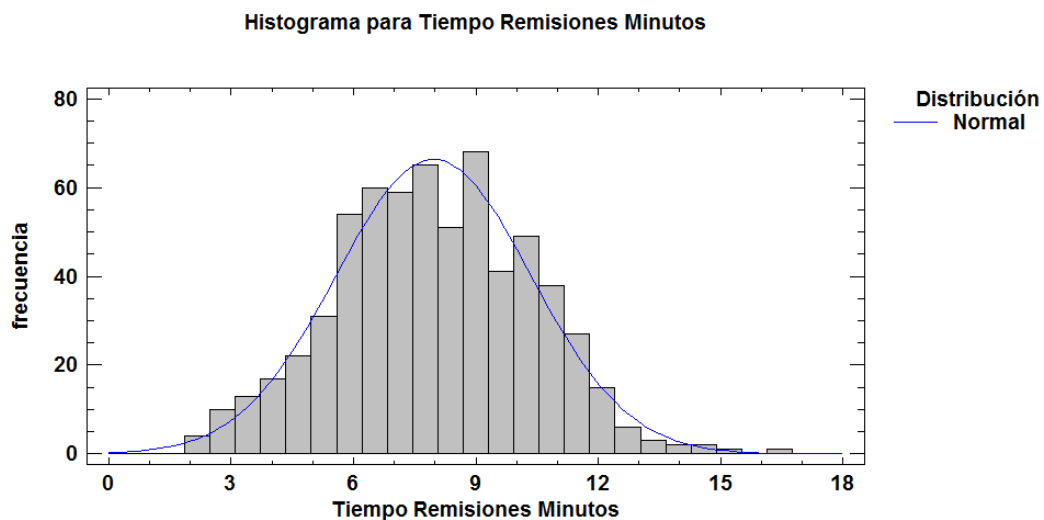
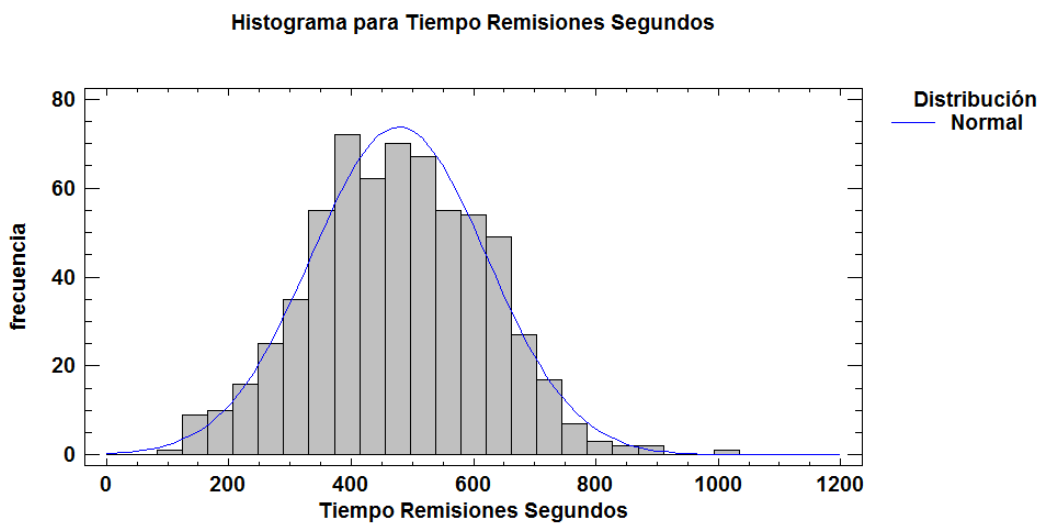


Ilustración 27: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para la revisión de remisiones



Aprobación de remisiones

Mediante el análisis de los datos se tiene que el conteo se podría modelar mediante una distribución lognormal tanto para minutos como para segundos con los siguientes parámetros:

Tabla 70: Parámetros en unidades de tiempo para la distribución lognormal para la aprobación de remisiones

Lognormal	Minutos	Segundos
Media	1,54108	92,4768
Desviación Estándar	0,565009	33,9118
Escala Log: Media	0,369421	4,46387
Escala Log: Desv. Est.	0,355135	0,355202

Pruebas de bondades de ajuste para la aprobación

Kolmogorov-Smirnov

Tabla 71: Prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para la aprobación de remisiones

Lognormal	Minutos	Segundos
DMAS	0,0296218	0,0288208
DMENOS	0,0300753	0,0298337
DN	0,0300753	0,0298337
Valor-P	0,994155	0,994735

Anderson-Darling A^2

Tabla 72: Prueba Anderson-Darling A^2 para determinar el ajuste a la distribución lognormal en unidades de tiempo para la aprobación de remisiones

Lognormal	Minutos	Segundos
A^2	0,205729	0,203409
Forma Modificada	0,205729	0,203409
Valor-P	≥ 0.10	≥ 0.10

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, no se puede rechazar la idea de que el procedimiento realizado en la aprobación en minutos y segundos proviene de una distribución lognormal con 95% de confianza.

Ilustración 28: Histograma para el tiempo por remisión en minutos para la aprobación de remisiones

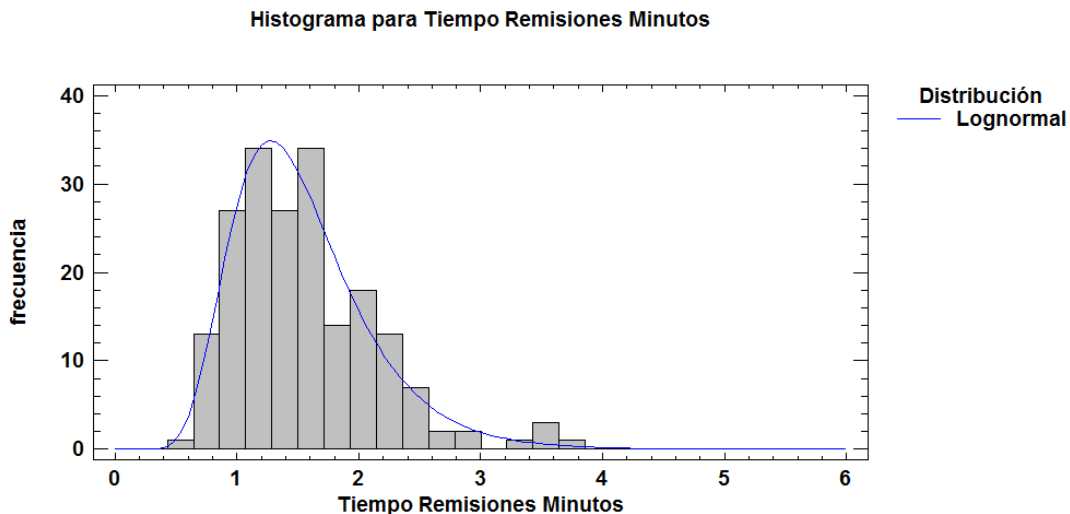
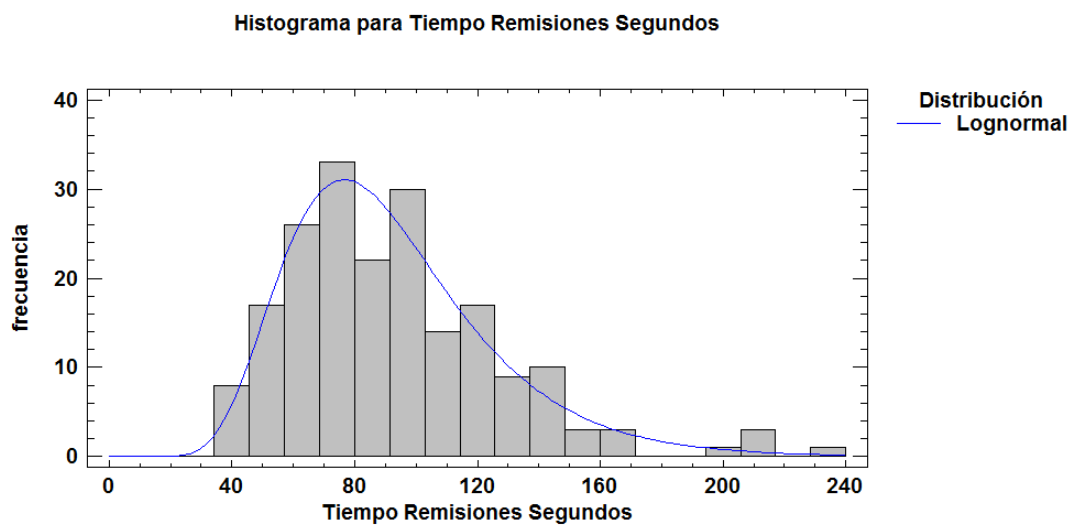


Ilustración 29: Histograma para el tiempo por remisión en segundos para la aprobación de remisiones



Tamaño de la muestra

Al realizar los ajustes de distribución de todas las actividades realizadas en el recibo de producto terminado se tiene que todas caben dentro de dos distribuciones, estas son: distribución normal para ingreso físico de producto terminado, armado de cajas, selección de calidad, recuperación de segundas, abastecimiento a bandas de conteo y revisión de remisiones, y distribución lognormal para ingreso de remisiones de Carmel a SAP, ingreso de remisiones de Pacífika a SAP, auditorías de calidad, lavado de prendas, conteo en bandas y aprobación de remisiones. Así como se muestra en resumen en la siguiente tabla:

Tabla 73: Resumen ajustes distribución por subprocesos realizados en el recibo de producto terminado

Ajuste de distribución	
Normal	Lognormal
Ingreso físico de producto terminado	Ingreso de remisiones de Carmel a SAP
Armado de cajas	Ingreso de remisiones de Pacífika a SAP
Selección de calidad	Auditoría de calidad
Recuperación de segundas	Lavado de prendas
Abastecimiento a las bandas de conteo	Conteo en bandas
Revisión de remisiones	Aprobación de remisiones

Para la determinación del tamaño de la muestra basado en la información anterior y sabiendo el ajuste a la distribución para cada uno de los procesos se realizará el cálculo para cada uno de los subprocesos realizados en el recibo de producto terminado.

Siendo así se tiene que para la distribución normal se tomará como base la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Fórmula general para calcular tamaño de la muestra de una distribución normal

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * DE^2}{d^2}$$

(Fuentelsaz Gallego, 2004)

Donde se tiene que

n : Tamaño de la muestra

Z_{α} : es el nivel de confianza elegido, determinado por el valor de α . Para una confianza del 95% ($\alpha=0,05$), que es la utilizada habitualmente, este valor es de 1,96

DE : Desviación estándar de la prueba piloto

d : Precisión (Fuentelsaz Gallego, 2004).

En cuanto la ecuación necesaria para determinar el tamaño de la muestra Perez (Perez, 1995) describió cuatro técnicas existentes para calcular el tamaño de la muestra requerido en la estimación de la media aritmética de una distribución lognormal con base en la amplitud del intervalo de confianza. La primera es la aproximación clásica a través del teorema del límite central; la segunda es mediante la aproximación descrita por Hewett (Hewett, 1995) haciendo uso de información a priori; la tercera es el método exacto usando funciones lineales de los límites estándar y métodos de Monte Carlo para su cálculo; y la cuarta hace uso de modelos lineales polinomiales del tamaño de la muestra, para niveles de confianza del 90 %, 95 % y 99 %, respectivamente. Los autores describen como la aproximación dada por el teorema del límite central subestima los tamaños requeridos. El uso de la fórmula reportada por Hewett (Hewett, 1995) obliga a los investigadores a realizar una muestra piloto para poder obtener los

estimadores insesgados requeridos por la fórmula. El cálculo exacto del tamaño de la muestra requiere de algoritmos computacionales y no es una fórmula cerrada, por esta razón los autores reportan tablas en sus resultados. La cuarta forma que se basa en los cálculos del tamaño de la muestra exactos, ajustando modelos lineales polinomiales, lamentablemente presenta subestimaciones del valor real del tamaño de la muestra necesario en diferentes escenarios. (Castañeda, Pérez, & Gil, 2002)

Por tal motivo se utilizará la siguiente ecuación ajustada propuesta por Castañeda (Castañeda, Pérez, & Gil, 2002), correspondientes a modelos no lineales de la forma general:

Ecuación 2: Fórmula general para calcular tamaño de la muestra de una distribución lognormal

$$n = \beta_0 + \beta_1(\pi * GSD) + e^{\beta_2} * GSD^{\beta_3} * GSD^{\beta_4 \ln(GSD)} * \pi^{\beta_5}$$

(Castañeda, Pérez, & Gil, 2002)

GSD = Desviación geométrica estándar.

π = Porcentaje de diferencia respecto de la verdadera media aritmética

β_i : Parámetro asociado al nivel de confianza y al GSD

Y acorde a un nivel de confianza comúnmente utilizado del 95% se tiene que la ecuación ajustada es de la forma:

Ecuación 3: Fórmula ajustada para calcular tamaño de la muestra de una distribución lognormal con una confianza del 95% y un GSD < 2.5

$$n = 11,32 + 1,57(\pi * GSD) + e^{-4,23} * GSD^{15,34} * GSD^{-10,14 \ln(GSD)} * \pi^{-1,73}$$

(Castañeda, Pérez, & Gil, 2002)

Ecuación 4: Fórmula ajustada para calcular tamaño de la muestra de una distribución lognormal con una confianza del 95% y un GSD ≥ 2.5

$$n = 11,68 + 4,17(\pi * GSD) + e^{-0,78} * GSD^{3,92} * GSD^{-0,67 \ln(GSD)} * \pi^{-1,71}$$

(Castañeda, Pérez, & Gil, 2002)

Con base a lo anterior se tiene que para los subprocesos que se ajustan a la distribución lognormal los GSD son:

Tabla 74: Desviación estándar geométrica en unidades de tiempo para subprocesos con ajuste de distribución normal

Desviación estándar geométrica		
Subproceso	Minutos	Segundos
Ingreso de remisiones de Carmel a SAP	1.43	1.43
Ingreso de remisiones de Pacífika a SAP	1.93	1.93
Auditoría de calidad	2.04	2.04
Lavado de prendas	1.92	1.92
Conteo en bandas	2.13	2.13
Aprobación de remisiones	1.40	1.40

Teniendo como referencia lo enunciado anteriormente se tiene entonces que el tamaño de la muestra para cada uno de los subprocesos a tener en cuenta son los que se muestran en la siguiente tabla

Tabla 75: Tamaño de la muestra por unidad de tiempo para cada subproceso realizado en el recibo de producto terminado

Tamaño de la muestra			
Subproceso	Minutos	Segundos	Muestreo Inicial
Ingreso físico de producto terminado	262.91	262.91	329
Ingreso de remisiones de Carmel a SAP	122.73	122.73	235
Ingreso de remisiones de Pacífika a SAP	83.63	83.63	135
Armado de cajas	18.32	18.32	60
Selección de calidad	56.19	56.19	134
Auditoría de calidad	74.14	74.15	228
Recuperación de segundas	207.87	207.87	382
Lavado de prendas	86,11	86,11	127
Abastecimiento a las bandas de conteo	85.59	85.59	500
Conteo en bandas	53.73	53.73	188
Revisión de remisiones	139.43	139.43	639
Aprobación de remisiones	123,78	123,78	197

Conclusiones

- Se observa que los tiempos son bastante amplios en cada uno de los subprocesos realizados en el área de recibo de producto terminado, observando que el principal cuello de botella se presenta en la auditoría de calidad, sucediendo esto pese a la política que se tiene para auditar.
- El diseño de la planta física de la operación (Layout) hace que las distancias recorridas entre centros de operaciones sean bastante grandes haciendo que los desplazamientos consuman grandes recursos de tiempo y personas.
- Para el proceso que se viene realizando es posible evidenciar que la cantidad de colaboradores que se tiene para atacar el flujo de producto terminado es bastante deficiente, generando embotellamientos, y gran acumulación de producto en tránsito.
- Acorde al crecimiento que viene presentando la compañía se podrá afirmar que, si no se toman medidas al respecto, se generará un colapso del área y con consecuencias amplias en todas las áreas de logística de salida.
- La simulación presente permitió realizar un acercamiento a la realidad, el cual posibilitó generar a partir de él, modelos de escenarios diversos, que evalúen diferentes opciones y así tomar las mejores decisiones para la compañía.
- El tipo de almacén MM permite que se pierda la traza del producto durante su estancia y recorrida en el área de producto terminado.

- El flujo de remisiones de proveedores física por toda el área de producto terminado es susceptible a extravíos y deficiencias en su manejo evitando el pago oportuno a proveedores.
- El ingreso el producto terminado al sistema SAP, es lento y evita un flujo constante de documentos al proceso documental realizado en el área de producto terminado.
- La revisión de remisiones, seguida de la aprobación, requiere un gasto grande de recursos para esto, debido a la solución de inconveniente generados entre la cantidad real y teórica del producto terminado que ha sido remisionada.
- El proceso de notificación centra todo su conocimiento en dos colaboradores haciendo, los cuales han generado diversos algoritmos para eficientarlos y presentándose celosos con el conocimiento evitando que el flujo del conocimiento pueda hacerse con ligereza y sin traumatismos.

Recomendaciones

- Realizar un rediseño de la planta física (Layout) del área de recibo de producto terminado que permita reducir la distancia entre centros de trabajo y así disminuir los desplazamientos que no generan valor agregado.
- Pensar en alternativas como bandas transportadoras de flujo continuo que permitan agilizar el desplazamiento y eliminar recursos humanos empleados en esta actividad.
- Contemplar realizar un desarrollo que permita pasar el tipo de almacén MM que se maneja a un almacén WMS que posibilite el control total del flujo de producto terminado en el almacén.
- Generar un preconfigurado en el ingreso de producto terminado al sistema SAP, que permita la reducción de tiempos y así poder realizarlo inmediatamente la mercancía física ingrese al almacén de producto terminado y así evitar que se generen retrasos y acumulaciones al momento de ingresar el producto terminado al sistema y se pueda tener en tiempo real la cantidad exacta de producto que se posee en el almacén.
- Evaluar alternativas de transporte de mercancía entre los diferentes subprocesos, como lo puede llegar a hacer las bandas transportadoras que permitan la reducción de uso de personal y la reducción de tiempo en desplazamientos.
- Desarrollar una Z en el sistema SAP, que permita agrupar los procesos realizados por revisión de remisiones y aprobación de remisiones, para así reducir el tiempo

invertido en estas operaciones y que la distribución y entrenamiento de nuevo personal para el cargo no sea tan traumante como se ve ahora.

- Para llegar a un equilibrio de personal que permita procesar la cantidad de producto terminado en un día se genera el siguiente requerimiento total de personal por subproceso.

Tabla 76: Cantidad de personas requeridas para realizar cada subproceso del área de recibo de producto terminado

Subproceso	Cantidad de personas
Ingreso físico de producto terminado	7
Ingreso de remisiones de Carmel a SAP	4
Ingreso de remisiones de Pacífika a SAP	3
Armado de cajas	7
Selección de calidad	7
Auditoría de calidad	39
Abastecimiento a las bandas de conteo	8
Conteo en bandas	30
Revisión de remisiones	12
Aprobación de remisiones	6
Auxiliares de segundas	24
Devoluciones	2
Asignación de citas a proveedores	1
Coordinador	5
Total	155

Bibliografía

- Arango Serrano, K. F. (2015). *Estudio de métodos y tiempos en las secciones de extendido y corte de piezas en una empresa de confección para mejorar la respuesta del indicador de nivel servicio medido en días*. Santiago de Cali.
- Banks, J. (1999). Introduction to simulation. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*. Nueva York.
- Banu, Y., & Arslan, M. (2008). A simulation based experimental design to analyze factors affecting production flow time. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 16(1), 278-293.
- Barceló, J. (1996). *Simulación de sistemas discretos*. Madrid: Isdefe.
- Bevilacqua, M., Ciarapica, F., Crosta, A., Mazzuto, G., & Paciarotti, C. (2013). Designing an efficient production system: A case study of a clothing company. *International Journal of Engineering Bussines Management*, 5(36), 1-8.
- Carson, J. (2003). Introduction to modeling and simulation. *Proceedings of the Winter Simulation*. New Orleans.
- Castañeda, J. A., Pérez, A., & Gil, J. F. (2002). Tamaño de muestra requerido para estimar la media aritmética de una distribución lognormal. *Revista Colombiana de Estadística*, 25(1), 31-41.
- Chung, C. (2004). *Simulation modeling handbook: a practical approach*. Boca Ratón: CRC Press.
- Coss Bú, R. (2003). *Simulación: un enfoque práctico*. Mexico: Limusa S.A. de C.V.

- Davis, J., Eisenhardt, K., & Bingham, C. (2007). Developing theory through simulation methods. *Acad. Manag.*, 32(2), 480-499.
- De Toni, A., & Meneghetti, A. (2000). The production planning process for a network of firms in the textileapparel industry. *Int. J. Production Economics*, 65(1), 17-32.
- Fuentelsaz Gallego, C. (2004). Cálculo del tamaño de la muestra. *Matronas Profesión*, 5(18).
- García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo*. México: McGraw Hill Interamericana.
- Gilbert, N. (2007). Computational social science: Agent-based social simulation. *Comput. Soc. Sci. Agent-based Soc Simul*, 115-134.
- Gómez, U., & Gómez, O. (2013). Modelo de simulación para el proceso de producción en empresa de confecciones textiles. *Revista S&T*, 11(24), 73-89.
- Guasch, A., Piera, M. A., Casanovas, J., & Figueres, J. (2002). *Modelado y simulación*. Barcelona: UPC.
- Guo, Z. X., Wong, W. K., Leung, S. Y., Fan, J. T., & Chan, S. F. (2006). Mathematical model and genetic optimization for the job shop scheduling problem in a mixed- and multi-product assembly environment: A case study based on the apparel industry. *Comput. Ind. Eng.*, 50(3), 202-219.
- Hewett, P. (1995). Sample size formulae for estimating the true arithmetic mean or geometric mean of lognormal exposure distributions. *American Industrial and Hygiene Association Journal*, 56, 219-225.
- Janania Abraham, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos: ingeniería de métodos*. México: Limusa.

- Law, A. (2003). Proceedings of the Winter Simulation Conference. *How to conduct a successful simulation study*. New Orleans.
- Linea Directa S.A.S. (20 de Septiembre de 2016). *Linea Directa*. Obtenido de ¿Quiénes Somos?: <http://www.lineadirecta.com.co/quienes-somos/nuestra-compania/>
- Maisel, H., & Gnugnoli, G. (1972). *Simulation of Discrete Systems*. Palo Alto: Science Research Associates. Inc.
- Monleón, T. (2005). *Optimización de los ensayos clínicos de fármacos mediante simulación de eventos discretos, su modelización validación, verificación y la mejora de la calidad de sus datos*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Mourtzis, D., Doukas, M., & Bernidaki, D. (2014). Simulation in Manufacturing Review and Challenges. *Procedia CIRP*, 25, 213-229.
- Naylor, T. H. (1968). *Computer simulation techniques*. Michigan: Wiley.
- Neira, A. C. (2006). *Técnicas de medición del trabajo*. Madrid: Fundación Confemetal.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- Ocaña, J., & Monleón, T. (2006). La simulación como herramienta de optimización de la investigación clínica. *Med Clin*, 127, 702-704.
- Oficina Internacional del Trabajo. (1996). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Perez, A. (1995). *Sample size approximation for estimating the arithmetic mean of a lognormally distributed random variable with and without type I censoring*. New Orleans: Tulane University.

- Rodríguez Barrios, J. M., Serrano, D., Monleón, T., & Caro, J. (2008). Los modelos de simulación de eventos discretos en la evaluación económica de tecnologías y productos sanitarios. *Gac Sanit*, 22(2), 151-161.
- Sánchez, P. A., Ceballos, F., & Sánchez Torres, G. (2015). Análisis del proceso productivo de una empresa de confecciones: Modelación y simulación. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 137-150.
- Shannon, R. E. (1998). Introduction to the art and science of simulation. *Proceedings of the 30th conference on Winter simulation* (págs. 7 - 14). IEEE Computer Society Press.
- Solano, M., Bravo, J., & Giraldo, J. (2012). Metodología de mejoramiento en el desempeño de sistemas de producción Aplicaciones en Pymes de la confección. *Ingeniería y Competitividad*, 14(2), 37-52.