Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ciencias Matemáticas
Escuela Profesional de Investigación Operativa

Simulación de eventos discretos para la mejora logística de los accesorios de portabilidad en la Empresa Complement

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa

AUTOR

David Sebastian CUSITITO CAMARENA

ASESOR

Carlos Enrique CALDERÓN RODRÍGUEZ

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Cusitito, D. (2022). *Simulación de eventos discretos para la mejora logística de los accesorios de portabilidad en la Empresa Complement*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Investigación Operativa]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	David Sebastian Cusitito Camarena
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47273031
URL de ORCID	-
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos Enrique Calderón Rodríguez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09910975
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9662-1201
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Lucy Haydee De La Cruz Cuadros
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06554824
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Flor Cagniy Cárdenas Mariño
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	45422233
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.2. Procesos Estocásticos y Simulación

Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Lima Coordenadas geográficas Latitud: -12.058333 Longitud: -77.083333
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2022
URL de disciplinas OCDE	Matemáticas aplicadas https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL EN LA MODALIDAD VIRTUAL PARA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO(A) EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA
(PROGRAMA DE TITULACIÓN PROFESIONAL 2022-I)

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 9 :00 horas del día sábado 23 de julio del año 2022, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador del Trabajo de Suficiencia Profesional:

Mg. Lucy Haydee De la Cruz Cuadros	(Presidente)
Mg. Flor Cagniy Cárdenas Mariño	(Miembro)
Lic. Carlos Enrique Calderón Rodríguez	(Miembro-Asesor)

Para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulada: SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS PARA LA MEJORA LOGÍSTICA DE LOS ACCESORIOS DE PORTABILIDAD EN LA EMPRESA COMPLEMENT, presentada por el señor Bachiller Cusitito Camarena, David Sebastian, para obtener el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Luego de la exposición del Trabajo de Suficiencia Profesional, el Presidente invitó al expositor a dar respuesta a las preguntas formuladas.

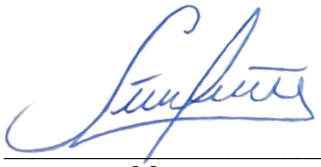
Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del jurado, el expositor mereció la aprobación ***Bueno*** con un calificativo promedio de dieciséis (16).

A continuación, los miembros del jurado dan manifiesto que el participante señor Bachiller Cusitito Camarena, David Sebastian, en virtud de haber aprobado la sustentación de su Trabajo de Suficiencia Profesional, será propuesto para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa.

Siendo las 9 :29 horas, se levantó la Sesión, firmando para constancia la presente Acta en tres (3) copias originales o archivo PDF.



PRESIDENTE
Mg. Lucy Haydee De la Cruz Cuadros



MIEMBRO
Mg. Flor Cagniy Cárdenas Mariño



MIEMBRO-ASESOR
Lic. Carlos Enrique Calderón Rodríguez

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Carlos Enrique Calderón Rodríguez en mi condición de asesor acreditado con la Resolución Decanal N° 000951-2022-D-FCM/UNMSM del trabajo de suficiencia profesional (TSP), cuyo título es: SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS PARA LA MEJORA LOGÍSTICA DE LOS ACCESORIOS DE PORTABILIDAD EN LA EMPRESA COMPLEMENT presentado por el bachiller: DAVID SEBASTIAN CUSITITO CAMARENA, para optar el título profesional de: Licenciado en Investigación Operativa.

CERTIFICO que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 10 % de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional.**

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado/ título/ especialidad correspondiente.

Firma del Asesor
DNI: 09910975
Nombres y apellidos del asesor:
Mg. Carlos Enrique Calderón Rodríguez



Huella digital

Siempre estaré agradecido a cada uno de los profesores y compañeros que tuve la suerte de coincidir, por el apoyo académico que supieron proporcionar cada uno de ellos; Es un honor para mí ser parte de esta Universidad;

Los recordaré siempre con mucho cariño.

Dedico de manera especial a Dios, a mis padres y a mi hermana, pues fueron el soporte para realizar y culminar exitosamente este informe.

RESUMEN

SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS PARA LA MEJORA LOGÍSTICA DE LOS ACCESORIOS DE PORTABILIDAD EN LA EMPRESA COMPLEMENT

DAVID SEBASTIAN CUSITITO CAMARENA

Julio 2022

Titulo obtenido: Licenciado en Investigación Operativa

El presente informe se realizó por el requerimiento de una empresa comercializadora de accesorios de portabilidad llamada Complement, con el objetivo de mejorar su logística dentro del área de recepción y despacho.

Se percibió que, en la actualidad, la empresa presenta dificultades respecto a la disponibilidad de su mercancía diaria, eso conllevo a demoras en la distribución de las mercancías, por ello se sugirió un rediseño de las actividades implicadas en su logística para su mejora.

Al terminar el estudio se consiguió demostrar que con la utilización de la metodología basada en el uso de la simulación de eventos discretos se obtiene una propuesta de mejora para la logística dentro del área de recepción y despacho, con el fin de reducir demoras considerables en el registro de los accesorios de portabilidad en el inventario, logrando una mejor disposición de los productos para su distribución hacia los módulos de venta.

Palabras claves: Simulación, Sistema Logístico, MIPYMES, Accesorios de Portabilidad.

ABSTRACT

SIMULATION OF DISCRETE EVENTS FOR THE LOGISTICS IMPROVEMENT OF PORTABILITY ACCESSORIES IN THE COMPLEMENT COMPANY

DAVID SEBASTIAN CUSITITO CAMARENA

July 2022

Graduate: Operations Research

The present investigation was carried out at the request of a company that sells portability accessories called Complement, with the aim of improving its logistics within the reception and dispatch area.

It was perceived that, at present, the company has difficulties regarding the availability of its daily merchandise, which led to delays in the distribution of merchandise, for this reason a redesign of the activities involved in its logistics was suggested for its improvement.

At the end of the study, it was possible to demonstrate that with the use of the methodology based on the use of the simulation of discrete events, an improvement proposal for logistics within the reception and dispatch area is obtained, in order to reduce considerable delays in the registration of the portability accessories in the inventory, achieving a better disposition of the products for their distribution towards the sales modules.

Keywords: Simulation, Logistics System, MIPYMES, Portability Accessories.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: INFORMACIÓN DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	3
ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	3
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	4
SITUACIÓN ACTUAL	4
MODELO CONCEPTUAL DEL SISTEMA LOGÍSTICO	7
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	9
METODOLOGÍA DE MEJORA DE PROCESOS	10
CONCEPTOS PRELIMINARES DE LA SIMULACIÓN	11
SIMULACIÓN DE SISTEMAS	12
FASES DE UNA SIMULACIÓN	13
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE DATOS:	15
MODELO DE SIMULACIÓN	20
DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE RÉPLICAS	21
COMPARACIÓN DEL SISTEMA REAL CON EL MODELO SIMULADO	25
EXPERIMENTACIÓN DE ESCENARIOS CON EL MODELO DE SIMULACIÓN	32
RESULTADOS DEL ESCENARIO 1	34
RESULTADOS DEL ESCENARIO 2	40
RESULTADOS DEL ESCENARIO 3	46
COMPARACIÓN DE ESCENARIOS	50
CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN	51
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	53
CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Caracterización del proceso de recepción 6

Tabla 2: Caracterización del proceso de despacho 6

Tabla 3: Réplicas preliminares del modelo simulado 22

Tabla 4: Indicadores del sistema logístico real actual 25

Tabla 5: Comparación de escenarios 50

INDICE FIGURAS

Figura 1: Organigrama 4

Figura 2: Árbol de problemas 5

Figura 3: Modelo conceptual del sistema logístico- complement 7

Figura 4: Representación de un proceso 10

Figura 5: Metodología de mejora de procesos 11

Figura 6: Histograma y dócima de bondad de ajuste - arribos de mercancías 16

Figura 7: Histograma - inspección de accesorios de portabilidad 17

Figura 8: Dócima de bondad de ajuste - inspección de accesorios de portabilidad 17

Figura 9: Histograma- VAP 18

Figura 10: Bondad de ajuste - VAP 18

Figura 11: Dócima de bondad de ajuste - reportes de falla de mercancía 19

Figura 12: Dócima de bondad de ajuste - ingreso del producto al inventario 19

Figura 13: Dócima de bondad de ajuste - reportes de faltantes de mercancías 20

Figura 14: Modelo de simulación del sistema actual d en el software arena 21

Figura 15: Prueba de normalidad de las 20 réplicas respecto a la mercancía registrada en el inventario-Minitab 22

Figura 16: Prueba de normalidad de las 20 réplicas respecto a la cantidad de reportes de mercancía faltante-Minitab 23

Figura 17: Prueba de normalidad de las 20 réplicas respecto a la cantidad de reportes de mercancía que presenta fallas-Minitab 23

Figura 18: Intervalo de confianza para la diferencia de medias-cantidad de mercancía registrada en el inventario-Minitab 26

Figura 19: Intervalo de confianza para el cociente de varianzas- cantidad de mercancía registrada en el inventario-Minitab 26

Figura 20: Intervalo de confianza para la diferencia de medias- cantidad de reportes de mercancía que presenta fallas -Minitab 27

Figura 21: Intervalo de confianza para el cociente de varianzas- cantidad de reportes de mercancía que presenta fallas -Minitab 27

Figura 22: Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico 29

Figura 23: Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico 30

Figura 24: Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico 31

Figura 25: Especificaciones por el usuario (contadores) del sistema logístico 32

Figura 26: Flujograma del escenario 1 33

Figura 27: Modelo de simulación del escenario 1 – software arena 34

Figura 28: Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico-escenario 1 35

Figura 29: Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico-escenario 1 36

Figura 30: Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico - escenario 1 37

Figura 31: Especificaciones por el usuario (contadores) del sistema logístico - escenario 1 38

Figura 32: Flujograma del escenario 2 39

Figura 33: Modelo de simulación del escenario 2 – software arena 40

Figura 34: Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico-escenario 2 41

Figura 35: Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico-escenario 2 42

Figura 36: Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico - escenario 2 43

Figura 37: Especificaciones por el usuario (contadores) del sistema logístico – escenario 2 44

Figura 38: Flujograma del escenario 3 45

Figura 39: Modelo de simulación del escenario 3 – software arena 46

Figura 40: Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico -escenario 3 47

Figura 41: Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico - escenario 3 48

Figura 42: Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico-escenario 3 49

Figura 43: Especificaciones por el usuario (contadores) del sistema logístico–escenario 3 49

Figura 44: Comparación de escenarios respecto al tiempo de ciclo 50

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el mundo está viviendo transiciones importantes en torno a temas económicos de salud pública y tecnología que incide al crecimiento que toda empresa apunta, pero al mismo tiempo, dichas situaciones crean nuevos espacios que pueden ser aprovechados por cualquier tamaño que sea la empresa (Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), 2019).

Separando el contexto actual, a las MIPYMES se les considera impulsoras de la economía de toda región, donde la mayoría de estas surgen a partir de una necesidad o emprendimiento que aspiran crecer en medio de una economía que tal vez se pueda presentar variable para ellas (Trujillo, Bamba, & Arena, 2016).

Ahora, si comparamos la productividad que puedan tener las MIPYMES de Latinoamérica con la de Estados Unidos y Europa, vemos que hay una gran diferencia de productividad, y esto ha sido uno de los aspectos más problemáticos para el crecimiento económico de América Latina (Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), 2019)

Con el fin de presenciar un crecimiento, dichas empresas enfocan plenamente en cumplir con su servicio o entregar algún producto en particular a sus clientes de diferentes maneras pero sin ejecutar un proceso de planeación, no emplean técnicas de optimización, lo que trae como consecuencia sobrecostos y por lo tanto menos ganancias que irían en contra de los intereses de toda empresa. (Palomo, 2005).

Dicha situación se presenta en la microempresa **“**COMPLEMENT**”** , específicamente en el área de recepción y despacho, que se dedica a la comercialización de accesorios de portabilidad, por tal razón, este proyecto se centra en representar, analizar y comprender dicho sistema mediante un software especializado en simulación, en el que se realizaran pruebas a distintos escenarios del proceso en estudio con el objetivo de examinar resultados , y con el propósito de obtener conclusiones que apoyen como soporte a la toma de decisiones en el sistema investigado.

Se hizo el uso del software ARENA, especializado en simulación, con el cual se modela el sistema logístico, utilizando los datos requeridos que se obtuvieron mediante la observación

El contenido inicia con una introducción, con el fin de contextualizar la razón del estudio presentado, luego se describe la empresa donde se realizó la investigación, siguiendo con la metodología utilizada respetando sus fases para una buena aplicación de la simulación de sistemas, finalizando con las conclusiones y recomendaciones que se puedan dar teniendo los resultados del estudio.

Se completa el documento con las referencias bibliográficas, anexos, Índice de tablas, Índice de Figuras.

CAPÍTULO 1: INFORMACIÓN DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

La empresa Complement inicia sus operaciones el 20 de enero del 2008 en el distrito de Jesús María de la ciudad de Lima, con el fin de ofrecer artículos de calidad, ya sea nacional o extranjero, de accesorios de portabilidad para niños y adultos; los accesorios de portabilidad vienen ser en su conjunto productos como mochilas, morrales, loncheras, billeteras y afines.

Marco Legal de la Empresa:

Persona natural con negocio, RUC: versión pública

Nombre Comercial: Complement Store

Actividad Económica de la Empresa:

Comercialización de Accesorios de portabilidad

Razón social: versión pública

Dirección Postal: versión pública

Correo: complementperu@gmail.com

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL:

MISION:

Busca ser una empresa comercializadora de accesorios de portabilidad de alta calidad para el mercado nacional a precios competitivos.
La empresa está comprometida con la buena variedad y calidad de sus productos, siempre busca satisfacer las más altas exigencias de los clientes.

VISION:

La empresa busca ser reconocida por sus clientes por una de las mejores empresas de accesorios de portabilidad de Jesús María por la calidad y variedad de todos nuestros productos, así como por su servicio.
A futuro la empresa se proyecta con la apertura de más puntos de venta en El Damero Comercial de Jesús María.

Figura 1:
Organigrama

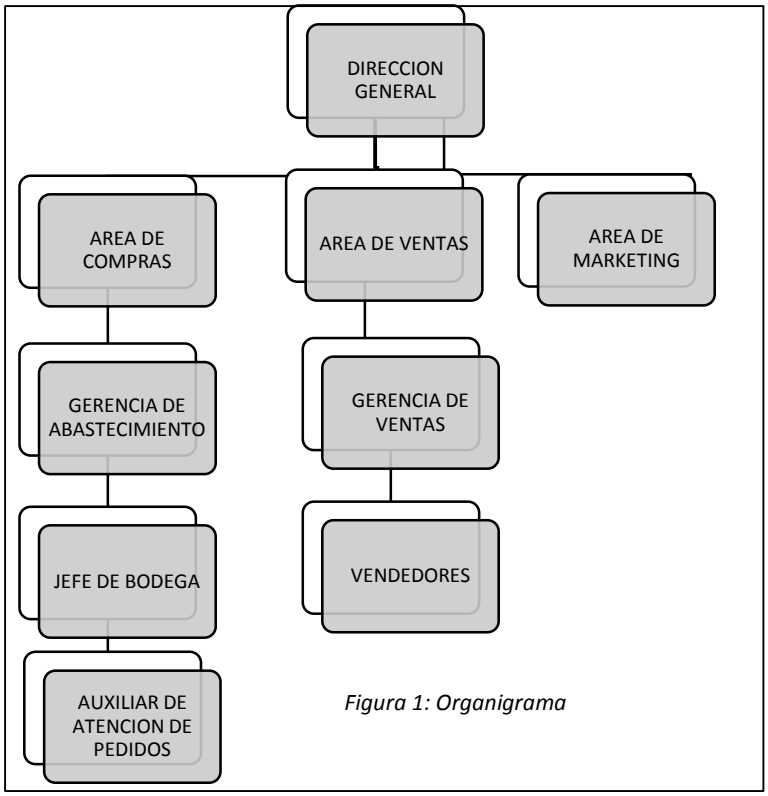


Figura 1: Organigrama

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

SITUACIÓN ACTUAL

La empresa **"**COMPLEMENT" situado en el Damero Comercial del distrito de Jesús María, actualmente cuenta con un área de recepción y despacho de Accesorios de Portabilidad, donde se sitúa a su vez la zona de almacenamiento.

El Área de Recepción y despacho presenta una considerable cantidad de mercadería, constituida por mochilas, morrales, correas, bolsos, loncheras, billeteras, y artículos afines, de cuero natural y sintético.

Además de descargar toda la variedad de productos, se requiere hacer los procesos de ambientación o limpieza, revisar si el producto esta fallado o le hace falta algún accesorio, cómo pueden ser las tiras o las hebillas, colocación de etiquetas a cada producto, embolsado, y preparación de los pedidos para los despachos a tienda.

En dicha área, por la gran cantidad de accesorios de portabilidad en campañas que ingresa, se presenta que al final de cada jornada no se llega a registrar todas las mercancías, por ende no están disponibles para su comercialización y no se pueda cumplir con la demanda requerida en los módulos de venta

Además que por una inadecuada ejecución dentro del área de recepción y despacho, genera daños en la mercadería lo que genera devoluciones de los productos, cambios post-venta y en general una disminución en la productividad a futuro de la empresa.

Figura 2

Árbol de problemas

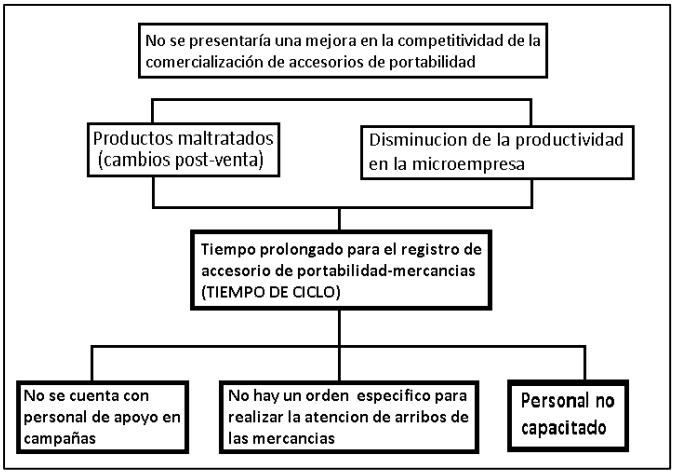


Figura 2: Árbol de Problemas

En base a las observaciones y a la información obtenida de las personas involucradas en el sistema logístico, se pudo clasificar en dos partes importantes la secuencia de dicho sistema, en las siguientes tablas se describe cada una de ellas, Tabla 1 y Tabla 2:

Tabla 1

Caracterización de la zona de recepción en la empresa "Complement"

CARACTERIZACION DE PROCESOS				
NOMBRE DEL PROCESO: **RECEPCION**			RESPONSABLE: JEFE DE BODEGA	
INICIA: LLEGADA DE MERCANCIA			TERMINA: SEGREGACION DE MERCANCIA	
OBJETIVO:	Atención e inspeccion de todos los arribos de mercadería que serán enviados a los locales de venta.			
PROCESOS PROVEEDORES	**ENTRADAS**	**ACTIVIDADES DEL PROCESO**	**SALIDAS**	**PROCESOS CLIENTES**
Proceso de compra de mercancias	Productos enviados por las empresas proveedoras.	• Verificar el estado del embalaje • Cotejar con la orden de compra • Descargo de mercadería • Inspeccionar el estado de los productos • Si se presenta la situación, generar reporte de faltantes. • Registrar el producto entrante al inventario. • Valor agregado del producto. • Segregar la mercancía entrante.	Mercancía registrada disponible para la venta	Proceso de Despacho
RECURSOS UTILIZADOS:		Carretas de carga plegable, bolsas de propileno, facturas, etiquetas, estantes de metal.		

Tabla 1: Caracterización del proceso de recepción

Tabla 2

Caracterización de la zona de despacho en la empresa "Complement"

CARACTERIZACION DE PROCESOS				
NOMBRE DEL PROCESO: **DESPACHO**			RESPONSABLE: OPERARIO DE ATENCION DE PEDIDOS	
INICIA: LLEGADA DE REPORTES DE PEDIDOS			TERMINA: EMPAQUETAR EL PEDIDO PARA EL ENVIO	
OBJETIVO:	Atender todos los pedidos de los locales de venta para la entrega del cliente final.			
PROCESOS PROVEEDORES	**ENTRADAS**	**ACTIVIDADES DEL PROCESO**	**SALIDAS**	**PROCESOS CLIENTES**
P. Elaboración de pedidos, Proceso de Recepción de productos	Productos disponibles para la distribución y venta.	• Una vez acabado con la preparación del pedido , se sigue con la verificación de la orden del pedido para la confirmación de las cantidades correctas, en caso contrario se hace el ajuste necesario • Antes de empaquetar el pedido, se descuenta del inventario y se indica como producto entregado.	• Productos solicitado disponible para su envió. • Actualización del Inventario. • Registro de Transacciones.	Proceso de Distribución
RECURSOS UTILIZADOS:		Carretas de carga plegable, cajas de cartón, cintas de embalaje, bolsas.		

Tabla 2: Caracterización del proceso de despacho

Modelo Conceptual del sistema Logístico de los accesorios de portabilidad:

Figura 3

Diagrama de Flujo del sistema logístico - Complement

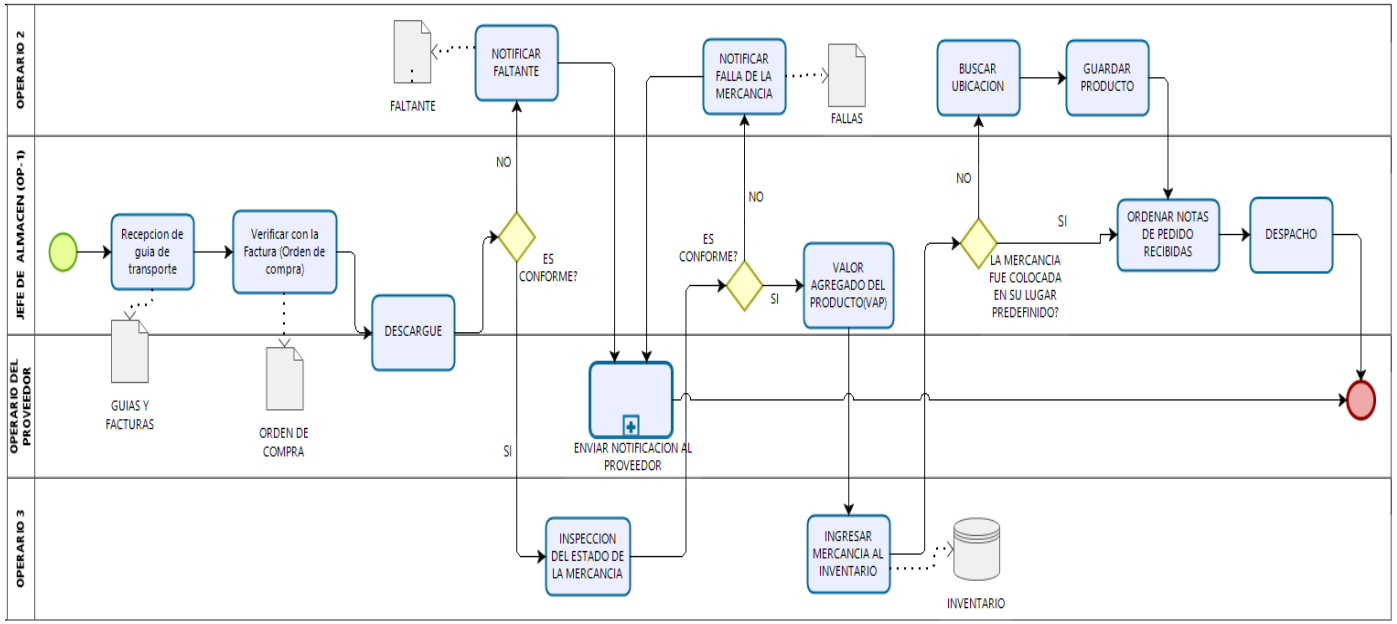


Figura 3: Modelo conceptual del sistema logístico- Complement

Luego de describir la situación actual de la empresa de Accesorios de Portabilidad, se plantean las siguientes preguntas de investigación.

Pregunta principal

En qué medida un modelo de Simulación permite mejorar la logística de los accesorios de portabilidad en la empresa Complement?

Preguntas específicas

- ¿Qué distribución de probabilidad teórica presentan los tiempos de servicio y de arribo de las actividades que conforma la logística de la empresa complement?

- ¿Cómo podemos verificar si el modelo simulado del sistema logístico tiene una precisa representación con el sistema real?

- ¿Cómo impactaría las alternativas o escenarios simulados en el sistema logístico de la empresa Complement?

OBJETIVOS

Objetivo principal

- Establecer una mejora en el sistema logístico de los accesorios de portabilidad mediante un modelo de simulación de eventos discretos en la empresa Complement

Objetivos específicos

- Clasificar los tiempos de servicio y de arribo de las actividades que conforma la logística de la empresa complement dentro de alguna distribución de probabilidad teórica

- Validar el modelo de simulación del sistema logístico de la empresa Complement

- Determinar la alternativa simulada más viable y eficiente para el sistema logístico de la empresa Complement.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

Antecedente Nacional:

(Torrejon, 2015) – Pontificia Universidad Católica Del Perú, en la tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial," Mejora del proceso de reparación de un taller de carrocería y pintura utilizando Simulación de Operaciones", se analizó la situación inicial del taller, luego se diseñó un modelo de simulación con el fin de proponer una mejora en los procesos de la empresa XYZ. Después de representar el proceso de reparación y pintura, y probarlo mediante el software de simulación, se planteó un modelo para la mejora del sistema, calculando una solución óptima para lograr los objetivos descritos. Como resultado, se redujo el tiempo promedio de estancia (TPE) a 9 días y se incrementó la capacidad de reparaciones mensuales del taller a 185 vehículos. Finalmente, se concretó la mejora integral del sistema proponiendo la contratación de dos nuevos técnicos y la promoción de uno de los técnicos con experiencia en la empresa.
Podemos decir que, en el caso de esta empresa, se buscó usar nuevos métodos para mejorar los tiempos de proceso, eliminar actividades innecesarias, y maximizar el uso de sus recursos sin descuidar la calidad del servicio ofrecido.

Sistemas informáticos para la Gestión por Procesos:

(Guerra, 2006) nos explica que toda organización, con el fin de visualizar los indicadores que describen la evolución de los procesos principales del negocio, debería contar con un software especializado, además de contar con una herramienta que ayude a mostrar el desarrollo de las acciones que se ejecutan en los procesos.

Proceso

(Avendaño, 2017, p.22) define a los procesos como “Actividades que en conjunto agregan valor o modifican un producto para satisfacer una necesidad. Son analizados en busca de lograr la excelencia, de esta forma buscan no quedarse en el tiempo y estar vigentes en el mercado y ser competitivos.” (2017)

Por otro lado, (Gil & Vallejo, 2008, p.7) describen que un proceso es “un conjunto de actividades y recursos interrelacionados, que transforman elementos de entrada en elementos de salida, aportando valor añadido para el cliente o usuario”. (2008)

Podemos agregar que un proceso es una secuencia de acciones o actividades que son ejecutados en insumos o recursos con el fin de generar un efecto definido, y así saldar las expectativas de los beneficiados por ello. Podemos decir también que cada proceso, cualquiera fuese su nivel de complejidad, viene acompañado de objetivos propios que influyen en las áreas adyacentes a dicho proceso. Podemos ver en la Figura 4, los elementos y las acciones que interactúan con un cierto proceso.

Figura 4

Representación de un proceso

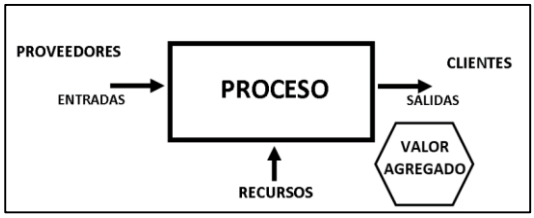


Figura 1: Representación de un proceso

METODOLOGÍA DE MEJORA DE PROCESOS

Según (Beltrán, Carmona, Carrasco, Rivas, Tejedor, 2009, p.71) la mejora de un proceso está determinada por “Un aumento de la capacidad del mismo para cumplir con los requisitos establecidos, es decir, para aumentar su eficacia y eficiencia. Esto puede aplicarse siguiendo una serie de pasos que permitan llevar a cabo la mejora buscada.”

Entonces, podemos decir que la mejora de procesos requiere el análisis continuo de la operaciones o procedimientos de cada proceso con el fin de optimizarlo, ya sea reajustando actividades y recursos, reduciendo la repetición de los trabajos, con el fin de reducir costos y retrasos, así como ofrecer un servicio o bien de alta calidad. Como se puede apreciar en la Figura 5, se muestra la secuencia de acciones con el fin de una mejora en un cierto proceso.

Figura 5

Metodología de mejora de procesos

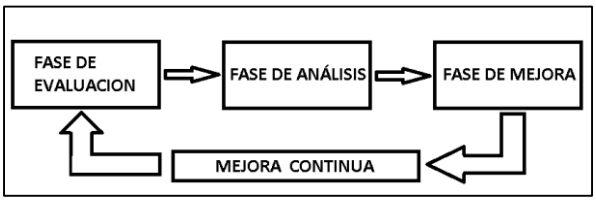


Figura 5: Metodología de mejora de procesos

CONCEPTOS PRELIMINARES DE LA SIMULACIÓN

Sistema

Según (Azarang y García, 1998, p.63) un sistema es “una colección de variables que interactúan entre si dentro de ciertos límites para lograr un objetivo”. (1998)

Por otro lado, (Barceló, 1996, p.18) describe que un sistema es “Un conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí que contribuyen a determinado objeto.”(1996)

Podemos decir que un sistema es un grupo de elementos interrelacionados con el fin de generar o aportar un objeto específico, teniendo en cuenta que dichos elementos tienen limitantes definidos.

Cuando diseñamos un sistema abarcamos aspectos del cómo, el dónde y el cuándo son empleados los procedimientos, en el caso del proceso, se da énfasis al qué se está ejecutando.

Elementos de un sistema: (Torres, 2016, p.22)

Entidades: Es un elemento que altera o modifica el estado del sistema. Ejemplo: clientes, piezas, productos, documentos.

Actividades: Consta de los procedimientos que son ejecutados en el sistema, disponen de un tiempo establecido.

Recursos: Acompañan a las actividades con el fin de que se ejecuten de una manera establecida. Ejemplo: Operarios, las maquinas.

Controles: Establecen las actividades que se realizan en el sistema, además informan el cómo, dónde y el cuándo son procesadas las actividades. Ejemplo: Programas de mantenimientos, Secuenciación de actividades.

Modelo:

De acuerdo con (Azarang y García, 1998, p.63) un modelo es "Una representación de los objetos del sistema y refleja de manera sencilla las actividades en las cuales esos objetos se encuentran involucrados."

Agregando a la definición anterior, (Barceló, 1996, p.22) explica que "el análisis del sistema a través de un modelo implica que la representación del sistema que constituye el modelo ha de ser una representación manipulable numéricamente."

Teniendo esta información podemos concluir que el fin de generar un modelo es la de entender, controlar y mejorar la ejecución de un sistema, cual fuese su complejidad de esta.

SIMULACIÓN DE SISTEMAS

De acuerdo a (Torres, 2016, pág. 25) "es el proceso de diseñar un modelo lógico-matemático de un sistema real y reproducir sus condiciones, su comportamiento operacional y dinámico, para estudiarlo y probarlo, con el objetivo de lograr un mayor grado de conocimiento en la toma de decisiones."

Según (García, García, Cárdenas, 2013, p.2) explica que la simulación "se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el

comportamiento de sistemas reales, generalmente por medio de una computadora con un software apropiado.”

Entonces podemos decir que la simulación es el procedimiento de representar el comportamiento de un sistema real por medio de un software especializado, con el motivo de evaluar su desempeño y así fundamentar algún ajuste o reforma del sistema en la etapa de toma de decisiones.
Con el hecho de que es representado en una plataforma virtual, no detiene el sistema actual ni tampoco ocasiona pérdidas de tiempo, es una metodología que va en contra de las técnicas tradicionales que consisten en el ensayo-error.

FASES DE UNA SIMULACIÓN: (Torres, 2016,p. 35)

Diseño del modelo Conceptual

Etapa donde se esquematiza el sistema real bajo estudio en un modelo conceptual. En ese modelo se describe las interacciones que pueden tener los elementos que conforman el sistema, como también la secuencia de actividades y las entidades que recorren cada proceso.

Obtención y Análisis Estadístico de los datos

Después de identificar los datos necesarios para la construcción del modelo, son analizados bajo ciertas pruebas estadísticas, con el fin de conocer a que distribución de probabilidad teórica se alinean, como por ejemplo distribuciones triangulares, exponenciales, Poisson, etc.

Construcción del modelo de Simulación

Obteniendo el modelo conceptual y las pruebas estadísticas de los datos, se sigue con la construcción del modelo de simulación mediante un software especializado.
Respecto a una construcción detallada del modelo, Torres Vega sugiere iniciar con un modelo simple y después adicionarle complejidad, ya que “es más fácil adicionar que extraer complejidad al modelo” (Torres 2016, p.38).

Verificación del Modelo

Etapa donde se examina si el modelo de simulación tiene concordancia con la estructura del modelo conceptual, además se revisa si el modelo marcha adecuadamente.

Validación del modelo

En esta fase se procede a constatar si es equivalente el modelo simulado y el sistema en el mundo real, dicha revisión se logra confrontando los indicadores de desempeño del sistema y su representación (modelo simulado).

Podemos decir que más que la construcción de un modelo de simulación, es de vital importancia la validación de la misma.

Experimento de la Simulación y presentación de resultados:

El fin de experimentar con escenarios o alternativas es darse cuenta de que manera puede optimizar el rendimiento del sistema.

Se determina la alternativa óptima y factible para el sistema.

TIPOS DE SIMULACIÓN

De acuerdo con (Torres, 2016):

Simulación basada en la continuidad de la ocurrencia de los eventos:

Se clasifican en:

Simulación Discreta

Simulación Continua.

Simulación Discreta

Este tipo de simulación se caracteriza por ser una sucesión de estados que varían según la ocurrencia de ciertos eventos dados en un intervalo de tiempo.

Simulación Continua

En el caso de la simulación continua, los valores de las variables de estado cambian de manera continua solo con respecto al tiempo, por esta razón, estos modelos de simulación se suelen definir a través de ecuaciones diferenciales.

Actividad:

Es una tarea u ocupación de una entidad, ya sea persona o máquina, con el fin de generar un efecto.

Sistema Logístico:

Los sistemas logísticos forman una parte medular para un buen desempeño de una empresa, se define como los procedimientos que se deben realizar para que los productos de alguna empresa sean destinados a los consumidores finales, consta de una serie de aspectos para adicionar valor a los productos que van a ser comercializados por una organización.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE DATOS:

ARRIBOS DE MERCANCIA (ACCESORIOS DE PORTABILIDAD) RECEPCIONADA POR JORNADA:

El conjunto de datos que se recopilo es desde el lunes 21 de setiembre hasta el día 28 de Diciembre del 2020.
Las jornadas para la recepción de la mercancía son los días lunes, miércoles y viernes de cada semana.
El día 25 no se ejecutó una jornada laboral común por ser feriado y para el día 30 no se llegó hacer algún pedido de mercancía.

En la tabla 3 (**Anexo A-1**) se muestra el conjunto de datos.
Con los datos recolectados se realizó un análisis estadístico que pruebe cuanto se ajustan a una distribución de probabilidad teórica, siguiendo con la demostración de la calidad de dicho ajuste mediante las pruebas de chi-cuadrado y kolmogorov-Smirnov.

En la Figura 6 se muestra el histograma de los arribos de accesorios de portabilidad y el ajuste de dichos datos a una distribución de probabilidad validados con la prueba de chi-cuadrado.

Figura 6

Histograma y Dócima de Bondad de Ajuste para los de arribos de accesorios de portabilidad (docena) por día- Input Analyzer-Arena

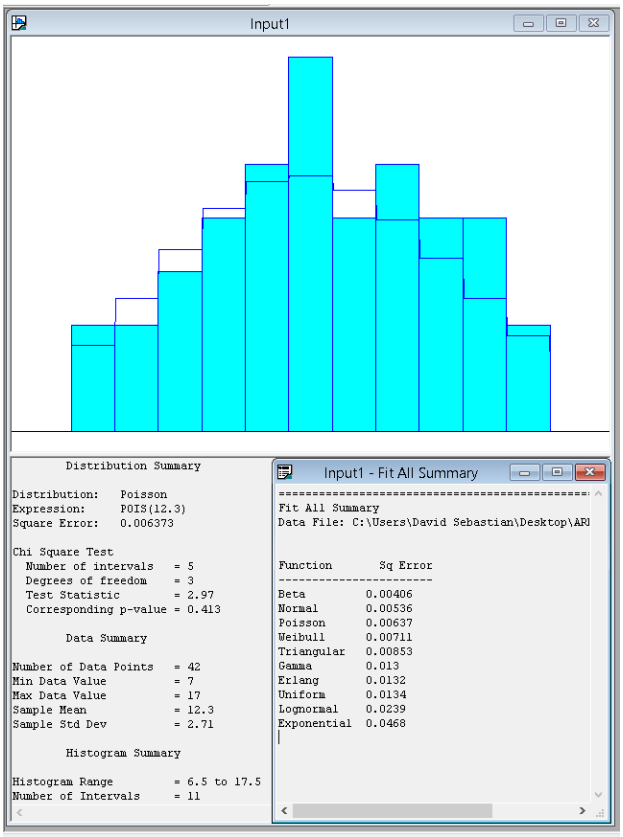


Figura 6: histograma y Dócima de bondad de Ajuste - Arribos de mercancías

TIEMPO DE INSPECCIÓN DEL ESTADO DE LA MERCANCIA:

Se siguió con el mismo procedimiento plasmado con los datos mostrados anteriormente, pero en este caso con los tiempos de inspección del estado del producto.

En la tabla 4 (**Anexo A-2**)se muestra los tiempos de inspección del estado de los accesorios de portabilidad, en la figura 7 nos muestra el histograma de dichos tiempos de inspección y en la figura 8 la prueba de bondad de ajuste mediante chi-cuadrado y kolmogorov-Smirnov.

Figura 7

Histograma de los tiempos respecto a la inspección de los accesorios de portabilidad

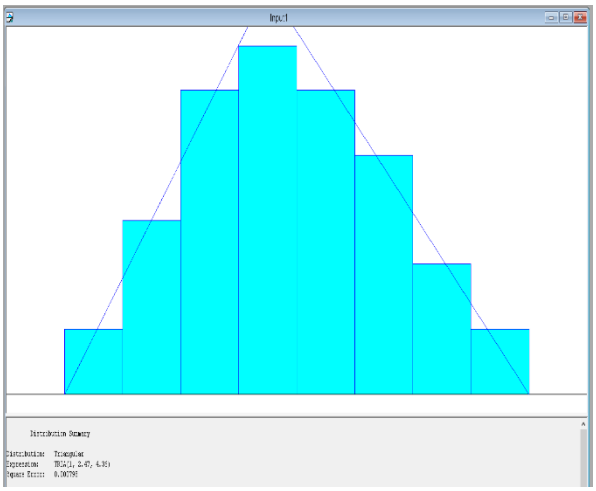
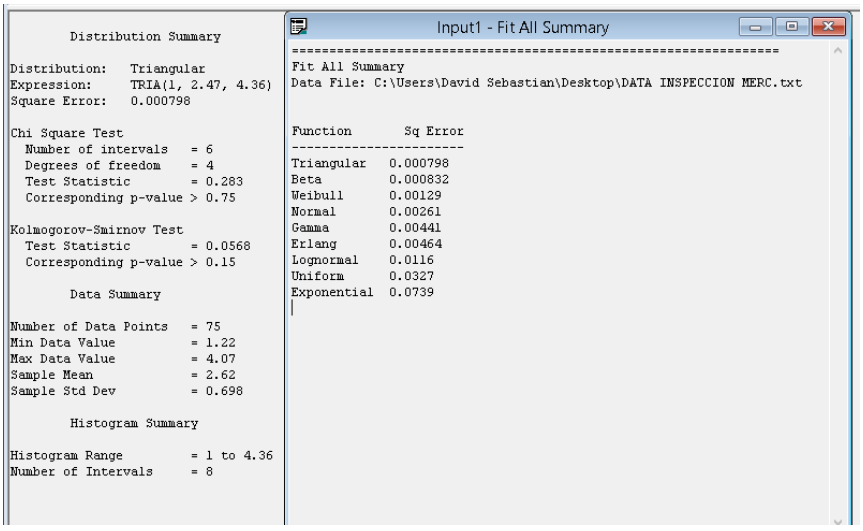


Figura 7: Histograma - Inspección de accesorios de portabilidad

Figura 8

Bondad de Ajuste de los tiempos respecto a la inspección de los accesorios de portabilidad-Input Analyzer-Arena



```
        Distribution Summary

Distribution:   Triangular
Expression:     TRIA(1, 2.47, 4.36)
Square Error:   0.000798

Chi Square Test
  Number of intervals   = 6
  Degrees of freedom    = 4
  Test Statistic        = 0.283
  Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.0568
  Corresponding p-value > 0.15

        Data Summary

Number of Data Points   = 75
Min Data Value          = 1.22
Max Data Value          = 4.07
Sample Mean             = 2.62
Sample Std Dev          = 0.698

        Histogram Summary

Histogram Range         = 1 to 4.36
Number of Intervals     = 8
```

Input1 - Fit All Summary

```
Fit All Summary
Data File: C:\Users\David Sebastian\Desktop\DATA INSPECCION MERC.txt


Function       Sq Error
-----------------------
Triangular   0.000798
Beta         0.000832
Weibull      0.00129
Normal       0.00261
Gamma        0.00441
Erlang       0.00464
Lognormal    0.0116
Uniform      0.0327
Exponential  0.0739
```

Figura 8: Dócima de bondad de Ajuste - Inspección de accesorios de portabilidad

TIEMPOS RESPECTO AL PROCESO DE VALOR AGREGADO DEL PRODUCTO (VAP):

El mismo procedimiento para los tiempos respecto al proceso de valor agregado de los accesorios de portabilidad. (**Anexo A-3**)

Figura 9

Histograma de los tiempos respecto al proceso de valor agregado del producto.

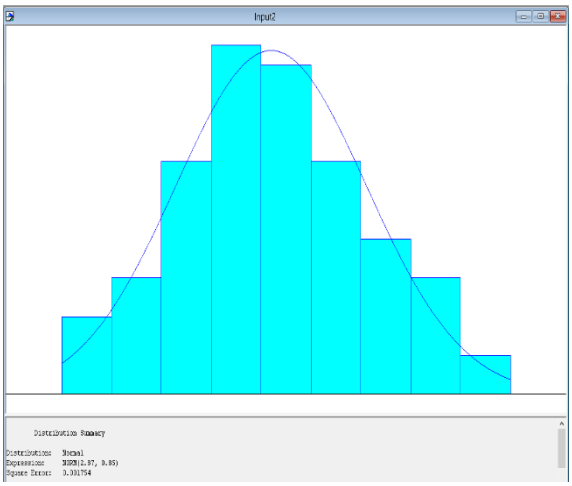
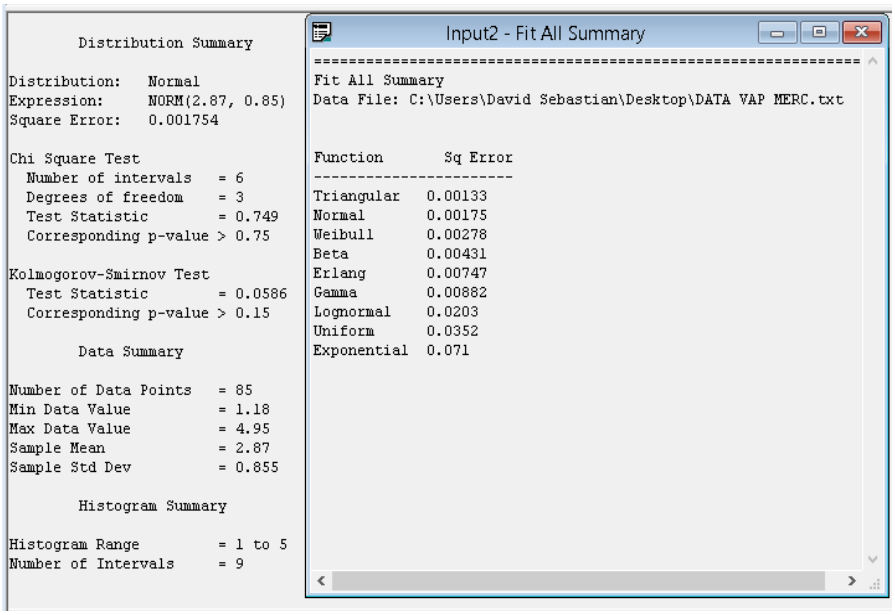


Figura 9: Histograma- VAP

Figura 10

Bondad de Ajuste de los tiempos respecto al proceso de valor agregado del producto-Input Analyzer.



```
        Distribution Summary

Distribution:    Normal
Expression:      NORM(2.87, 0.85)
Square Error:    0.001754

Chi Square Test
  Number of intervals   = 6
  Degrees of freedom    = 3
  Test Statistic        = 0.749
  Corresponding p-value > 0.75

Kolmogorov-Smirnov Test
  Test Statistic        = 0.0586
  Corresponding p-value > 0.15

        Data Summary

Number of Data Points   = 85
Min Data Value          = 1.18
Max Data Value          = 4.95
Sample Mean             = 2.87
Sample Std Dev          = 0.855

        Histogram Summary

Histogram Range         = 1 to 5
Number of Intervals     = 9
```

Input2 - Fit All Summary

```
================================================================
Fit All Summary
Data File: C:\Users\David Sebastian\Desktop\DATA VAP MERC.txt


Function       Sq Error
-----------------------
Triangular     0.00133
Normal         0.00175
Weibull        0.00278
Beta           0.00431
Erlang         0.00747
Gamma          0.00882
Lognormal      0.0203
Uniform        0.0352
Exponential    0.071
```

Figura 10: Bondad de Ajuste - VAP

TIEMPOS RESPECTO A LA GENERACIÓN DE REPORTES DE FALLA DE LAS MERCANCIA:

Tiempos respecto a la generación de reportes de falla de mercancías **(Anexo A-4).**

Figura 11:
Bondad de Ajuste de los tiempos respecto a la generación de reportes de falla de mercancías- Input Analyzer-Arena

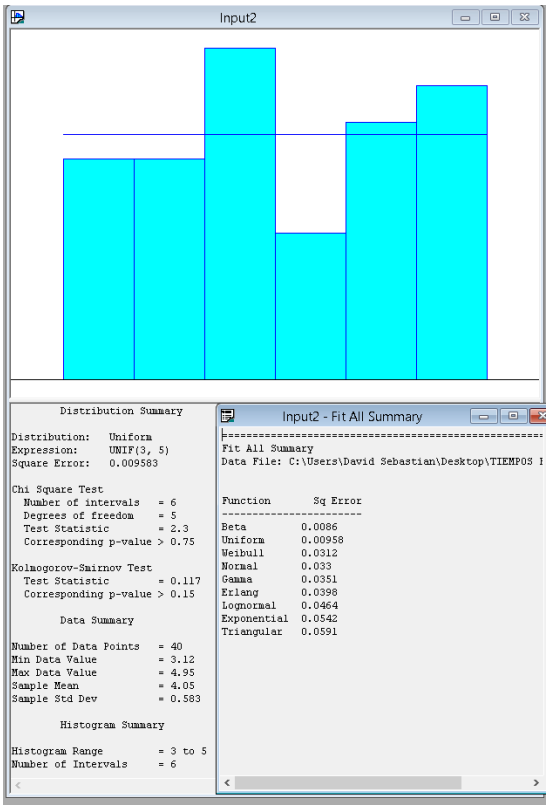


Figura 11: Dócima de Bondad de Ajuste - Reportes de falla de mercancía

Tiempos respecto al ingreso de la mercancía al inventario:

Tiempos respecto al ingreso del producto al inventario **(Anexo A-5).**

Figura 12:
Bondad de Ajuste de los tiempos respecto al ingreso del producto al inventario- Stat-Fit (Promodel)

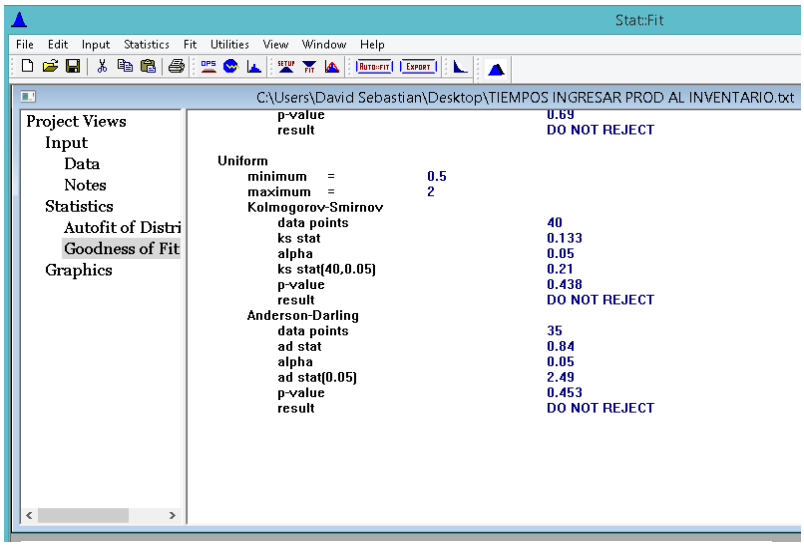


Figura 12: Dócima de Bondad de Ajuste - ingreso del producto al inventario

TIEMPOS RESPECTO A LA GENERACIÓN DE REPORTES DE FALTANTES DE MERCANCIAS:

Tiempos respecto a la generación de reportes de faltantes de mercancías **(Anexo A-6).**

Figura 13:
Bondad de Ajuste de los tiempos respecto a la generación de reportes de faltantes de mercancías-Input Analyzer-Arena

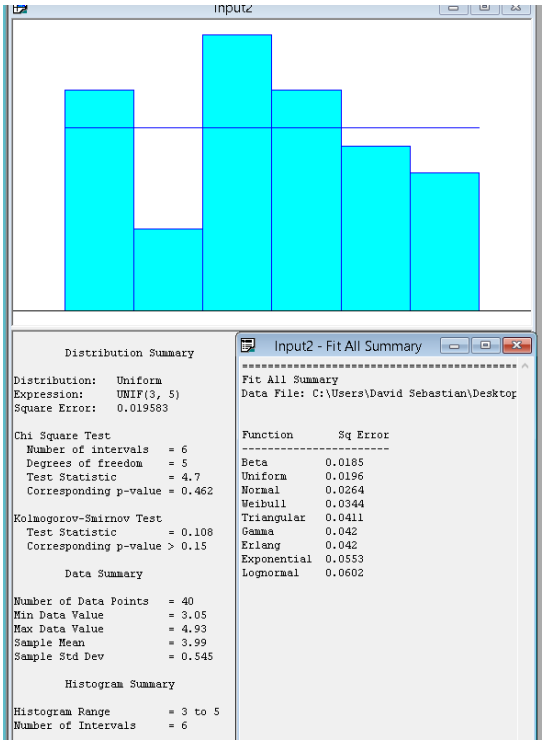


Figura 13: Dócima de bondad de Ajuste - reportes de faltantes de mercancías

MODELO DE SIMULACIÓN:

Para la construcción del modelo de simulación en el software Arena se utilizó información recopilada mostrada anteriormente, como el modelo conceptual del sistema (figura 3) y el análisis estadístico de los datos mediante pruebas de bondad de ajuste.

En la Figura 14 se muestra el sistema logístico actual plasmado en el software Arena.

Figura 14

Modelo de simulación del sistema logístico Actual en el software Arena

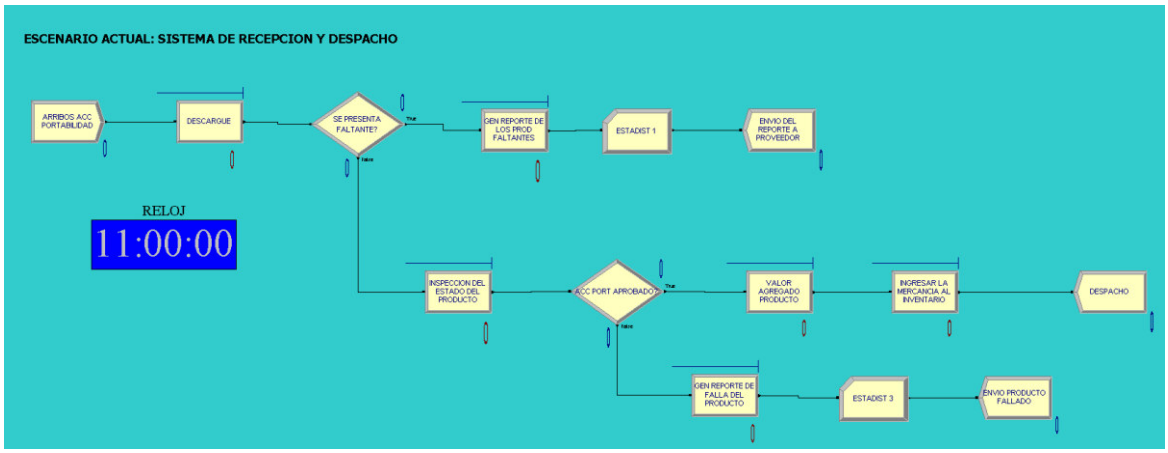


Figura 14: Modelo de simulación del sistema actual d en el software Arena

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE RÉPLICAS:

Consideramos una cantidad de réplicas preliminar, de 20 mostrados en la Tabla 9, para realizar la estimación del error estándar, que vendría ser la variación máxima de la media muestral respecto a la media poblacional (media verdadera). Previo a ello analizamos la normalidad de las 20 réplicas preliminares de cada indicador mostrado, en la figura 15 respecto a la mercancía registrada en el inventario; Figura 16 y 17 la cantidad de reportes de mercancía faltante y de mercancía que presentan fallas respectivamente:

Tabla 3

Replicas preliminares del modelo Simulado

REPLICAS	MERC REGISTRADA EN EL INVENTARIO	R FALT	R. FALLAS
1	117	17	7
2	117	12	6
3	114	27	9
4	119	17	3
5	100	14	5
6	113	15	3
7	107	7	5
8	104	17	10
9	96	22	4
10	109	21	8
11	113	22	4
12	107	21	5
13	102	16	2
14	118	19	8
15	102	18	6
16	121	15	4
17	92	21	6
18	94	13	4
19	99	20	10
20	121	13	11
MEDIA	**108.25**	**17.35**	**6**
DESV EST	**9.28**	**4.50**	**2.60**

Tabla 3: Replicas preliminares del modelo Simulado

Figura 15

Prueba de Normalidad de las 20 réplicas respecto a la mercancía registrada en el inventario-Minitab

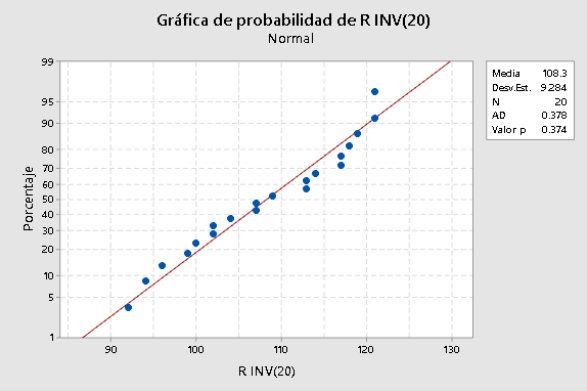


Figura 15: Prueba de Normalidad de las 20 réplicas respecto a la mercancía registrada en el inventario-Minitab

Figura 16

Prueba de Normalidad de las 20 réplicas respecto a la cantidad de reportes de mercancía faltante-Minitab

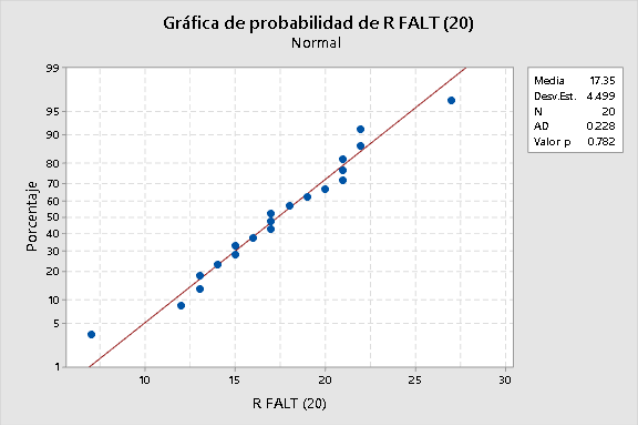


Figura 16: Prueba de Normalidad de las 20 réplicas respecto a la cantidad de reportes de mercancía faltante-Minitab

Figura 17

Prueba de Normalidad de las 20 réplicas respecto a la cantidad de reportes de mercancía que presenta fallas-Minitab

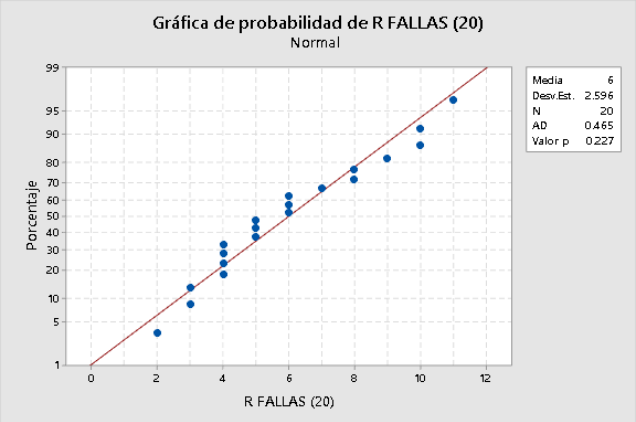


Figura 17: Prueba de Normalidad de las 20 réplicas respecto a la cantidad de reportes de mercancía que presenta fallas-Minitab

Realizamos la estimación del error estándar respecto a la mercancía registrada en el inventario:

n= 20

Desviación Estándar= 9.28

Estadístico t (Alpha=0.05, grados de libertad=19)= 2.0930

$$e = \frac{\sigma t}{\sqrt{n}} = 4.345 \text{ unidades}$$

Entonces, se puede decir que con las 20 réplicas que se generó nos resulta un error estimado de 4.345 unidades de mercancía registrada en el inventario respecto a la media poblacional (media verdadera) de la misma, con un nivel de confianza del 95%.

Se procedió con la disminución del error estimado del primer indicador y con ello nos resulta el número de réplicas necesarias para dicho error planteado con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$N = \left(\frac{\sigma t_{(1-\alpha/2,n-1)}}{e} \right)^2$$

En el caso del primer indicador, se fijó un error de 2 unidades (e=2), entonces:

N= 94.40 ≈ 95 Replicas.

Se realizó el mismo procedimiento para los demás indicadores:
Estimación del error estándar respecto a la cantidad de reportes de mercancía faltante:

n= 20

Desviación Estándar= 4.50

Estadístico t (Alpha=0.05, grados de libertad=19)= 2.0930

$$e = \frac{\sigma t}{\sqrt{n}} = 2.106 \text{ unidades} \qquad N = \left(\frac{\sigma t_{(1-\alpha/2,n-1)}}{e} \right)^2$$

e_fijado=1 unidad, entonces N=88.66 ≈ 89 Replicas

Estimación del error estándar respecto a la cantidad de reportes de mercancía que presenta fallas:

n= 20

Desviación Estándar= 2.60

Estadístico t (Alpha=0.05, grados de libertad=19)= 2.0930

$$e = \frac{\sigma t}{\sqrt{n}} = 1.215 \text{ unidades} \qquad N = \left(\frac{\sigma t_{(1-\alpha/2,n-1)}}{e} \right)^2$$

e_fijado= 1 unidad, entonces N= 29.51 ≈ 30 Replicas

Con estos resultados se concluye que la cantidad de réplicas que se requiere para obtener un menor error estimado, planteado para los 3 indicadores, es de 95 réplicas aproximadamente.

COMPARACIÓN DEL SISTEMA REAL CON EL MODELO SIMULADO:

Teniendo los resultados de la simulación actual del sistema, se comparó los indicadores del sistema real, mostrados en la tabla 4, con los resultados de la simulación con 20 réplicas, tabla 3, mostrados anteriormente.

TABLA 4

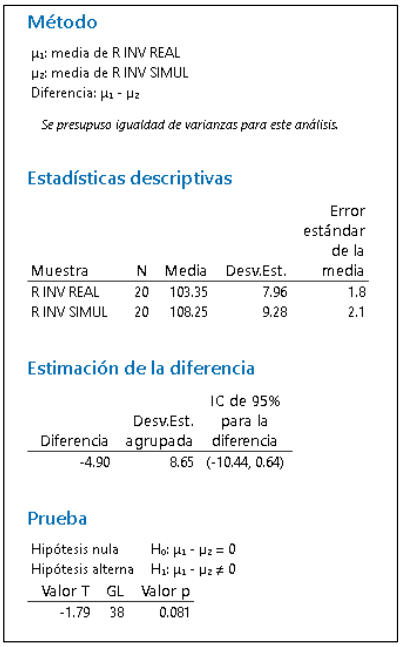
Indicadores del sistema real actual de recepción y despacho

SISTEMA REAL		
#	**MERCANCIA REGISTRADA EN EL INVENTARIO POR JORNADA**	**REPORTES GENERADOS POR FALLA DEL PRODUCTO**
1	89	7
2	104	3
3	104	4
4	102	9
5	103	5
6	85	3
7	109	6
8	101	5
9	100	4
10	109	6
11	113	5
12	102	5
13	100	8
14	112	3
15	106	5
16	112	6
17	118	10
18	105	3
19	95	7
20	98	3
MEDIA	**103.35**	**5.35**
DESV STA	**7.96**	**2.059**
DIST TEORICA	**DIST NORMAL**	**DIST NORMAL**

Tabla 4: Indicadores del sistema logístico real actual

Figura 18

Intervalo de confianza para la diferencia de medias-cantidad de mercancía registrada en el inventario-Minitab



Método

μ_1: media de R INV REAL
μ_2: media de R INV SIMUL
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
R INV REAL	20	103.35	7.96	1.8
R INV SIMUL	20	108.25	9.28	2.1

Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
-4.90	8.65	(-10.44, 0.64)

Prueba

Hipótesis nula H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

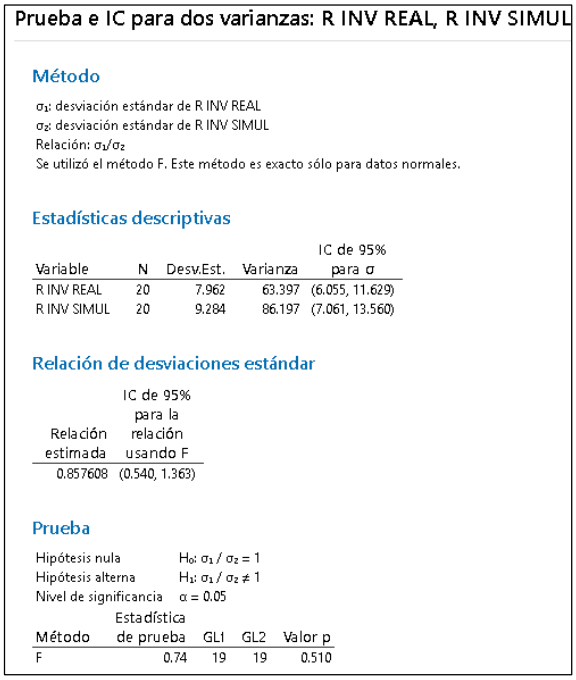
Valor T	GL	Valor p
-1.79	38	0.081

Figura 18: Intervalo de confianza para la diferencia de medias-cantidad de mercancía registrada en el inventario-Minitab

Como vemos en la **Figura 18**, el p-valor=0.081 es mayor a 0.05, entonces podemos decir que la cantidad media de mercancía registrada al inventario por jornada del modelo simulado son estadísticamente iguales, en cuanto a la media de la cantidad de mercancía registrada al inventario del sistema real. Continuamos con el mismo proceso para las varianzas:

Figura 19

Intervalo de confianza para el cociente de Varianzas- cantidad de mercancía registrada en el inventario-Minitab



Prueba e IC para dos varianzas: R INV REAL, R INV SIMUL

Método

σ_1: desviación estándar de R INV REAL
σ_2: desviación estándar de R INV SIMUL
Relación: σ_1/σ_2
Se utilizó el método F. Este método es exacto sólo para datos normales.

Estadísticas descriptivas

Variable	N	Desv.Est.	Varianza	IC de 95% para σ
R INV REAL	20	7.962	63.397	(6.055, 11.629)
R INV SIMUL	20	9.284	86.197	(7.061, 13.560)

Relación de desviaciones estándar

Relación estimada	IC de 95% para la relación usando F
0.857608	(0.540, 1.363)

Prueba

Hipótesis nula H_0: $\sigma_1 / \sigma_2 = 1$
Hipótesis alterna H_1: $\sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

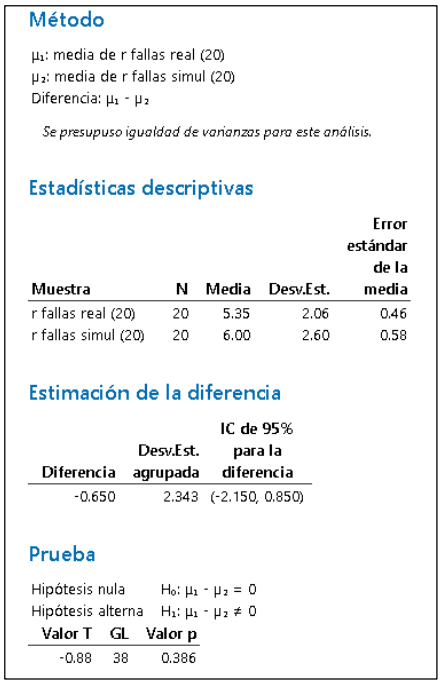
Método	Estadística de prueba	GL1	GL2	Valor p
F	0.74	19	19	0.510

Figura 19: Intervalo de confianza para el cociente de Varianzas- cantidad de mercancía registrada en el inventario-Minitab

Como vemos en la **Figura 19**, el p-valor=0.510 es mayor a 0.05, entonces podemos decir que el cociente de las dos varianzas en cuestión pueden tomar el valor de 1, es decir son estadísticamente iguales.

Figura 20

Intervalo de confianza para la diferencia de medias- cantidad de reportes de mercancía que presenta fallas -Minitab



Método

μ_1: media de r fallas real (20)
μ_2: media de r fallas simul (20)
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

Se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
r fallas real (20)	20	5.35	2.06	0.46
r fallas simul (20)	20	6.00	2.60	0.58

Estimación de la diferencia

Diferencia	Desv.Est. agrupada	IC de 95% para la diferencia
-0.650	2.343	(-2.150, 0.850)

Prueba

Hipótesis nula H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
-0.88	38	0.386

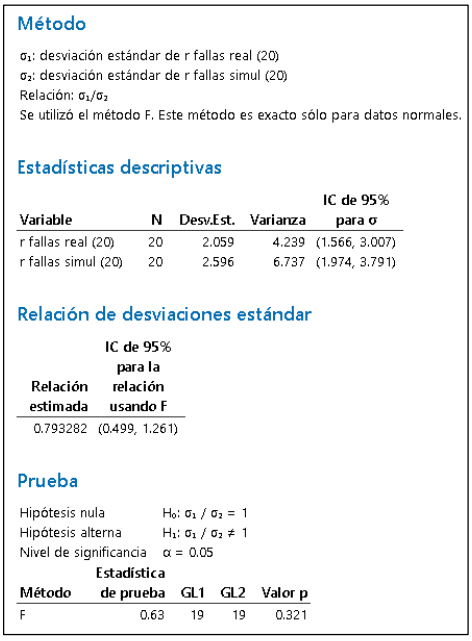
Figura 20: Intervalo de confianza para la diferencia de medias- cantidad de reportes de mercancía que presenta fallas -Minitab

Como vemos en la **Figura 20**, el p-valor=0.386 es mayor a 0.05, entonces podemos decir que la diferencia de las medias pueden tomar el valor de 0, es decir son estadísticamente iguales.

Después se realizó el análisis con las varianzas, mostrados en la Figura 22

Figura 21

Intervalo de confianza para el cociente de Varianzas- cantidad de reportes de mercancía que presenta fallas -Minitab



Método

σ_1: desviación estándar de r fallas real (20)
σ_2: desviación estándar de r fallas simul (20)
Relación: σ_1/σ_2
Se utilizó el método F. Este método es exacto sólo para datos normales.

Estadísticas descriptivas

Variable	N	Desv.Est.	Varianza	IC de 95% para σ
r fallas real (20)	20	2.059	4.239	(1.566, 3.007)
r fallas simul (20)	20	2.596	6.737	(1.974, 3.791)

Relación de desviaciones estándar

Relación estimada	IC de 95% para la relación usando F
0.793282	(0.499, 1.261)

Prueba

Hipótesis nula H_0: $\sigma_1 / \sigma_2 = 1$
Hipótesis alterna H_1: $\sigma_1 / \sigma_2 \neq 1$
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Método	Estadística de prueba	GL1	GL2	Valor p
F	0.63	19	19	0.321

Figura 21: Intervalo de confianza para el cociente de Varianzas- cantidad de reportes de mercancía que presenta fallas -Minitab

Como vemos en la Figura 21, el p-valor=0.321 es mayor a 0.05, entonces podemos decir que el cociente de las dos varianzas en cuestión pueden tomar el valor de 1, es decir son estadísticamente iguales.

De este análisis, podemos concluir que los parámetros de los indicadores del sistema real son estadísticamente iguales a los parámetros de los indicadores del modelo simulado.

REPORTES DE LA SIMULACIÓN DEL SISTEMA LOGÍSTICO ACTUAL DE ACCESORIOS DE PORTABILIDAD:

En el primer reporte mostrado en la Figura 22 nos señala que el tiempo promedio en proceso de cada accesorio de portabilidad (VA Time) es de 6.74 minutos, del cual se obtuvo un tiempo mínimo de 2.76 minutos y un tiempo máximo de 11.89 minutos.
Nos indica también que el tiempo promedio en espera dentro del sistema (Wait Time) es de 72.65 minutos, obteniendo un tiempo total de estancia (o llamada también tiempo de ciclo) de 79.39 minutos, obteniendo un tiempo mínimo de estancia de 3.45 minutos y un tiempo máximo de 341.72 minutos
Además nos muestra la cantidad promedio de accesorios de portabilidad que ingresa al sistema por jornada, que es de 164.04 unidades y la cantidad promedio saliente es de 129.66 unidades, teniendo una eficiencia promedio de 79.042%

Figura 22

Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema Logístico

Category Overview

Values Across All Replications

SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE ESC ACTUAL

Replications: 100 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	6.7390	0.03	6.4793	7.1749	2.7670	11.8863

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	72.6475	7.22	18.5539	184.85	0.00	335.42

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	79.3866	7.22	25.1648	191.37	3.4533	341.72

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
MERCANCIA	164.04	8.61	72.0000	276.00

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
MERCANCIA	129.66	4.00	63.0000	164.00

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	28.0775	3.73	4.2092	92.2037	0.00	144.00

Figura 22: Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico

Luego en el segundo reporte mostrado en la Figura 23 nos indica que el tiempo promedio en cola en la actividad de descargue es de 22.25 minutos, respecto a generar reporte de falla de algún producto es de 2.92 minutos, en la actividad de notificar algún productos faltante el tiempo promedio en cola es de 2.98 minutos.

Además el tiempo promedio en cola para ingresar la mercancía al inventario es de 1.58 minutos, en la actividad de inspección del producto el tiempo en cola es de 37.74 minutos y del valor agregado del producto es en promedio 21.70 minutos.

Figura 23

Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico

Category Overview

Values Across All Replications

SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE ESC ACTUAL

Replications: 100 Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
DESCARGUE.Queue	22.2479	2.59	2.8123	62.7900	0.00	115.14
GEN REPORTE DE FALLA DEL PRODUCTO.Queue	2.9241	1.27	0.00	59.5293	0.00	72.195
GEN REPORTE DE LOS PROD FALTANTES .Queue	2.9841	0.43	0.1526	10.6194	0.00	77.236
INGRESAR LA MERCANCIA AL INVENTARIO.Queue	1.5806	0.21	0.1826	5.8337	0.00	76.289
INSPECCION DEL ESTADO DEL PRODUCTO.Queue	37.7391	4.08	10.1358	106.12	0.00	203.3
VALOR AGREGADO PRODUCTO.Queue	21.7017	2.71	2.1027	73.6106	0.00	112.87

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
DESCARGUE.Queue	8.4179	1.34	0.6328	36.2565	0.00	84.000
GEN REPORTE DE FALLA DEL PRODUCTO.Queue	0.03732871	0.01	0.00	0.3108	0.00	3.000
GEN REPORTE DE LOS PROD FALTANTES .Queue	0.1078	0.02	0.00254383	0.5310	0.00	6.000
INGRESAR LA MERCANCIA AL INVENTARIO.Queue	0.3634	0.05	0.04107622	1.5435	0.00	12.000
INSPECCION DEL ESTADO DEL PRODUCTO.Queue	11.5013	1.67	1.3514	39.3529	0.00	77.000
VALOR AGREGADO PRODUCTO.Queue	5.7464	0.85	0.3286	23.3952	0.00	43.000

Figura 23: Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico

En el tercer reporte mostrado en la Figura 24, nos señala que el porcentaje de utilización dentro del sistema del operario 1 es del 86.77%, del operario 2 el 53.08%, y del operario 3 es 78.16%

Figura 24

Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico

SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE ESC ACTUAL

Replications: 100 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Instantaneous Utilization

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
OPERARIO 1	0.7572	0.02	0.3676	0.8750	0.00	1.0000
OPERARIO 2	0.4638	0.02	0.2281	0.6478	0.00	1.0000
OPERARIO 3	0.6823	0.03	0.3321	0.8743	0.00	1.0000
OPERARIO PROVEEDOR	0.1048	0.00	0.04950000	0.1650	0.00	1.0000

Number Busy

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
OPERARIO 1	0.7572	0.02	0.3676	0.8750	0.00	1.0000
OPERARIO 2	0.4638	0.02	0.2281	0.6478	0.00	1.0000
OPERARIO 3	0.6823	0.03	0.3321	0.8743	0.00	1.0000
OPERARIO PROVEEDOR	0.1048	0.00	0.04950000	0.1650	0.00	1.0000

Number Scheduled

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
OPERARIO 1	0.8727	0.00	0.8674	0.8750	0.00	1.0000
OPERARIO 2	0.8739	0.00	0.8667	0.8750	0.00	1.0000
OPERARIO 3	0.8730	0.00	0.8665	0.8750	0.00	1.0000
OPERARIO PROVEEDOR	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Scheduled Utilization

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
OPERARIO 1	0.8677	0.03	0.4201	1.0077
OPERARIO 2	0.5308	0.02	0.2607	0.7416
OPERARIO 3	0.7816	0.03	0.3795	1.0090
OPERARIO PROVEEDOR	0.1048	0.00	0.04950000	0.1650



Figura 24: Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico

Y en el cuarto reporte mostrado en la figura 25, nos indica los reportes enviados al proveedor por algún faltante de mercadería es de 15.21 unidades y de reportes de falla del producto en promedio 6.68 unidades.

Figura 25

Especificaciones por el Usuario (contadores) del sistema logístico

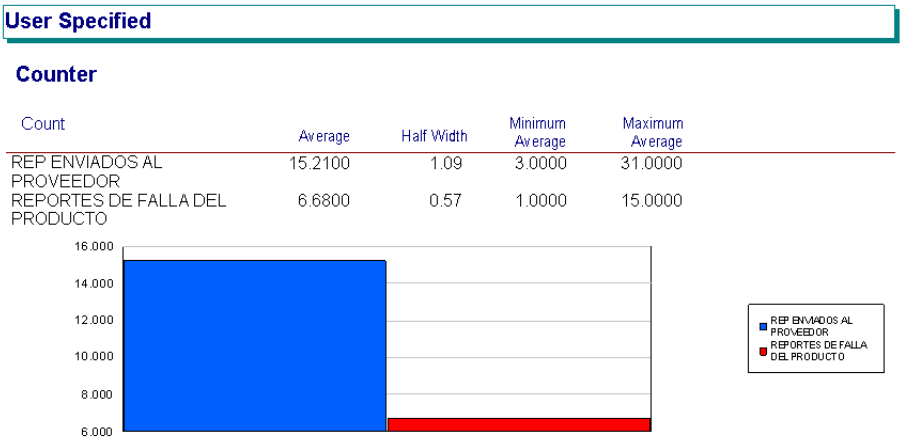


Figura 25: Especificaciones por el Usuario (contadores) del sistema logístico

EXPERIMENTACIÓN DE ESCENARIOS CON EL MODELO DE SIMULACIÓN:

ESCENARIO 1: Se decide que el operario 2 apoye al operario 1 en la actividad de descargue cuando la cantidad de unidades en cola de dicha actividad alcanza a 28 accesorios de portabilidad.

OBJETIVO: Reducir el tiempo en cola en la actividad de descargue con el fin de registrar más mercancía en el inventario.

Figura 26

Flujograma del escenario 1

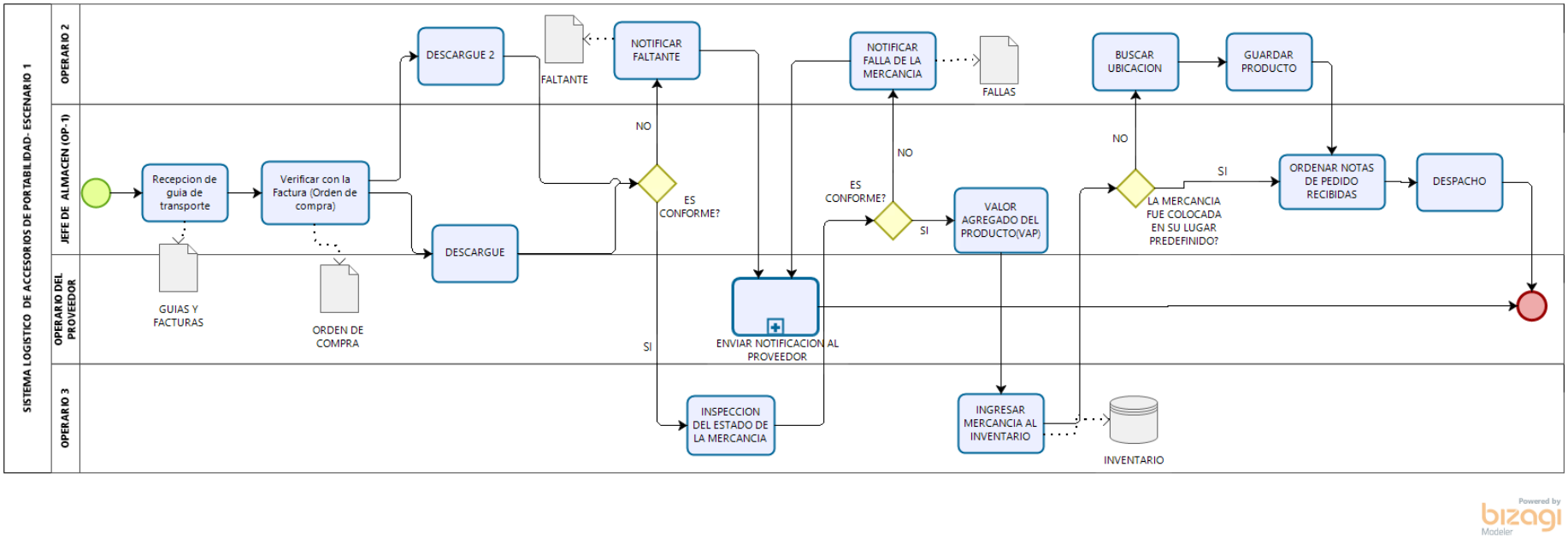


Figura 26: Flujograma del escenario 1

Figura 27

Modelo de Simulación del escenario 1 – software Arena

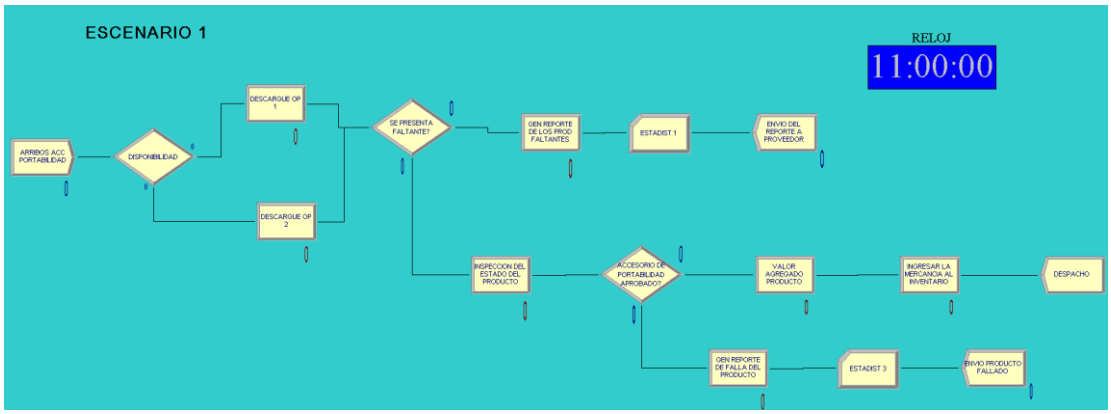


Figura 27: Modelo de Simulación del escenario 1 – software Arena

RESULTADOS DEL ESCENARIO 1

En el primer reporte mostrado en la Figura 28 nos señala que el tiempo promedio en proceso de cada accesorio de portabilidad (VA Time) es de 6.75 minutos, del cual se obtuvo un tiempo mínimo de 2.76 minutos y un tiempo máximo de 11.88 minutos.

Nos indica también que el tiempo promedio en espera dentro del sistema (Wait Time) es de 67.13 minutos, obteniendo un tiempo total de estancia (o llamada también tiempo de ciclo) de 73.88 minutos, obteniendo un tiempo mínimo de estancia de 3.44 minutos y un tiempo máximo de 356.48 minutos

Además nos muestra la cantidad la cantidad promedio de accesorios de portabilidad que ingresa al sistema por jornada, que es de 155.88 unidades y la cantidad promedio saliente es de 130.99 unidades, teniendo una eficiencia promedio de 84.03%

Figura 28

Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico-Escenario 1

SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE

Replications: 100 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	6.7507	0.03	6.4050	7.1873	2.7670	11.8863

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	67.1315	6.26	18.4200	146.81	0.00	349.02

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	73.8822	6.26	25.0179	153.47	3.4380	356.48

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
MERCANCIA	155.88	7.56	72.0000	264.00

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
MERCANCIA	130.99	4.26	63.0000	168.00

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	24.5099	2.92	4.2092	71.5331	0.00	121.00

Figura 28: Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico-Escenario 1

Luego en el segundo reporte mostrado en la figura 29 nos indica que el tiempo promedio en cola en la actividad de descargue es de 18.77 minutos con el operario 1 y de 5.12 minutos con el operario 2, respecto a generar reporte de falla de algún producto es de 5.04 minutos, en la actividad de notificar algún productos faltante el tiempo promedio en cola es de 3.07 minutos.

Además el tiempo promedio en cola para ingresar la mercancía al inventario es de 1.42 minutos, en la actividad de inspección del producto el tiempo en cola es de 37.42 minutos y del valor agregado del producto es en promedio 18.98 minutos.

Figura 29

Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico- Escenario 1

SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE

Replications: 100 Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
DESCARGUE OP 1.Queue	18.7723	2.01	2.4472	45.0020	0.00	102.59
DESCARGUE OP 2.Queue	5.1244	1.69	0.00	39.3885	0.00	52.957(
GEN REPORTE DE FALLA DEL PRODUCTO.Queue	5.0419	1.52	0.00	59.5293	0.00	116.49
GEN REPORTE DE LOS PROD FALTANTES .Queue	3.0683	0.46	0.3791	11.6063	0.00	77.236:
INGRESAR LA MERCANCIA AL INVENTARIO.Queue	1.4233	0.17	0.1278	4.2444	0.00	76.289(
INSPECCION DEL ESTADO DEL PRODUCTO.Queue	37.4183	3.97	10.1358	110.15	0.00	204.5(
VALOR AGREGADO PRODUCTO.Queue	18.9826	2.41	1.6532	49.4774	0.00	102.7(

Other

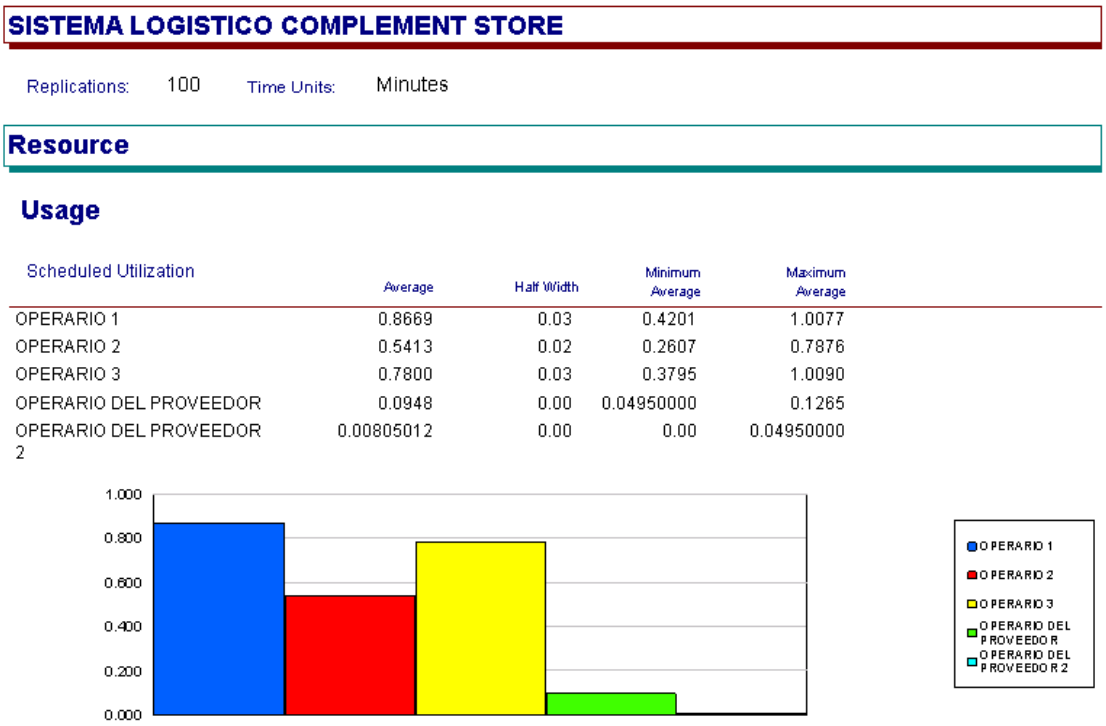
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
DESCARGUE OP 1.Queue	5.8319	0.72	0.4894	14.2398	0.00	28.000(
DESCARGUE OP 2.Queue	0.2528	0.10	0.00	2.9382	0.00	36.000(
DESCARGUE.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0(
GEN REPORTE DE FALLA DEL PRODUCTO.Queue	0.06900020	0.02	0.00	0.5690	0.00	3.000(
GEN REPORTE DE LOS PROD FALTANTES .Queue	0.1078	0.02	0.00679539	0.5631	0.00	7.000(
INGRESAR LA MERCANCIA AL INVENTARIO.Queue	0.3369	0.05	0.02956261	1.1318	0.00	9.000(
INSPECCION DEL ESTADO DEL PRODUCTO.Queue	11.0375	1.54	1.3514	42.4508	0.00	82.000(
VALOR AGREGADO PRODUCTO.Queue	4.9639	0.73	0.2667	15.2990	0.00	33.000(

Figura 29: Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico- Escenario 1

En el tercer reporte mostrado en la figura 30, nos señala que el porcentaje de utilización dentro del sistema del operario 1 es del 86%, del operario 2 el 54%, y del operario 3 es 78%.

Figura 30

Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico- Escenario 1



SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE

Replications: 100 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
OPERARIO 1	0.8669	0.03	0.4201	1.0077
OPERARIO 2	0.5413	0.02	0.2607	0.7876
OPERARIO 3	0.7800	0.03	0.3795	1.0090
OPERARIO DEL PROVEEDOR	0.0948	0.00	0.04950000	0.1265
OPERARIO DEL PROVEEDOR 2	0.00805012	0.00	0.00	0.04950000

Figura 30: Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico - Escenario 1

Y en el cuarto reporte mostrado en la figura 31, nos indica que los reportes enviados al proveedor por algún faltante de mercancía son de 14.73 unidades y de reportes de falla del producto en promedio 6.66 unidades.

Figura 31

Especificaciones por el Usuario (contadores) del sistema logístico-Escenario 1

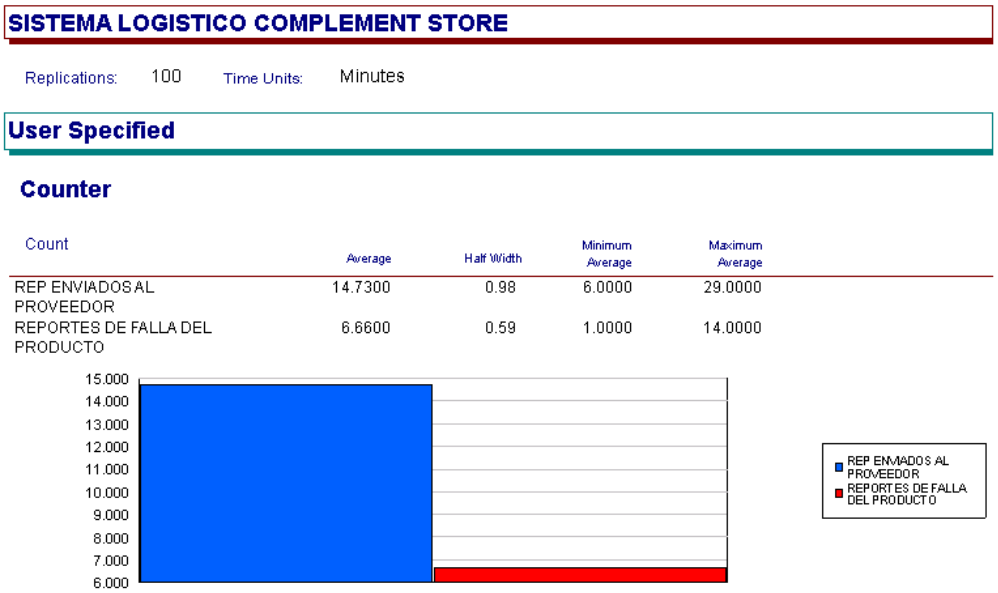


Figura 31: Especificaciones por el Usuario (contadores) del sistema logístico - ESCENARIO 1

ESCENARIO 2: Se decide contratar un nuevo operario, para que labore en la parte del subproceso de inspección del estado del producto y del valor agregado del producto.

Objetivo: Reducir el tiempo en cola en la actividad de inspección del estado del producto y la actividad del valor agregado del producto, con el fin de disponer mayor mercancía para su despacho.

Figura 32

Flujograma del escenario 2

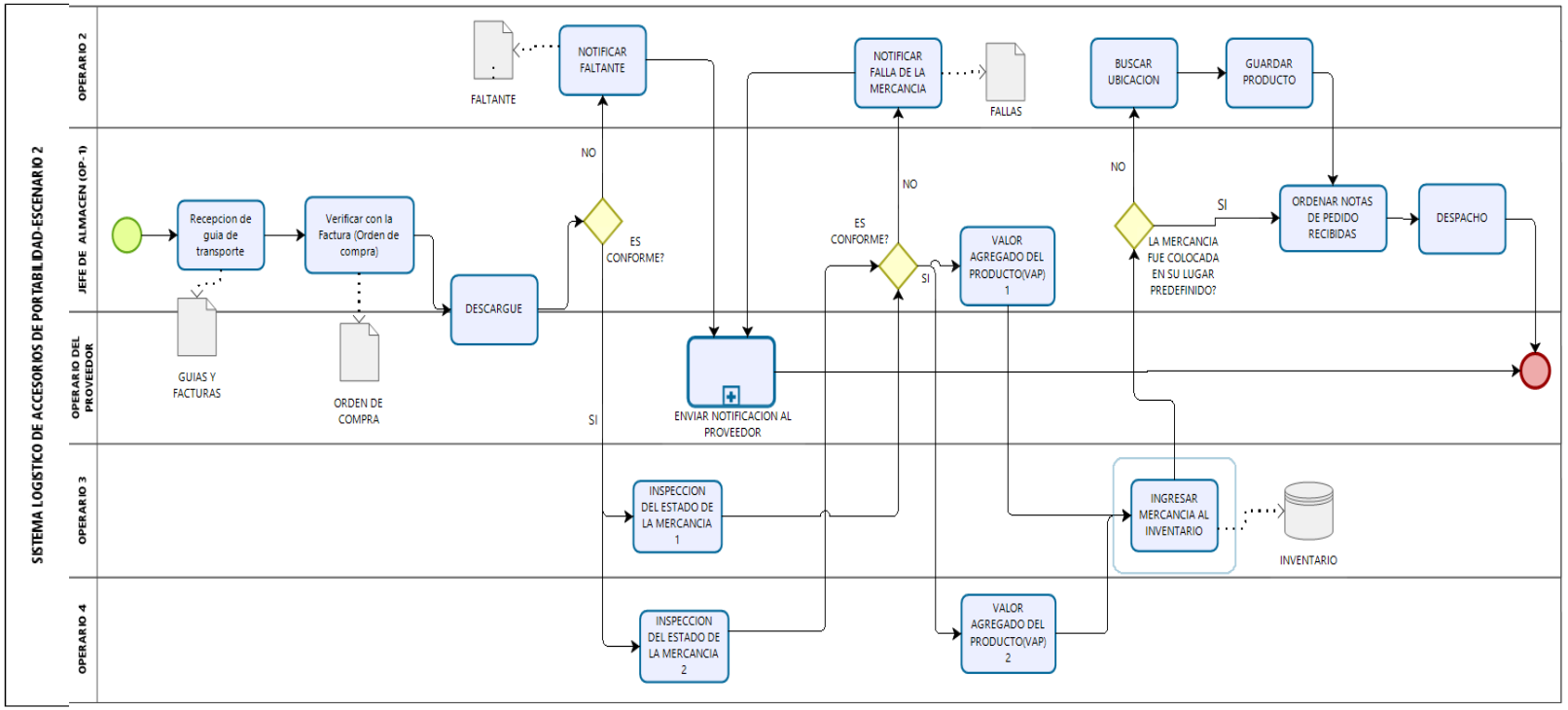


Figura 32: Flujograma del escenario 2

Figura 33

Modelo de Simulación del escenario 2 – software Arena

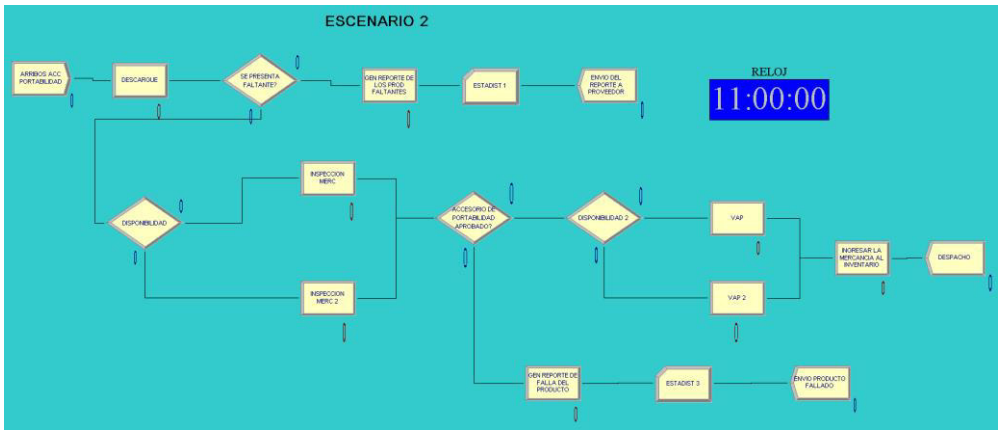


Figura 33: Modelo de Simulación del escenario 2 – software Arena

RESULTADOS DEL ESCENARIO 2

En el primer reporte mostrado en la Figura 34 nos señala que el tiempo promedio en proceso de cada accesorio de portabilidad (VA Time) es de 6.75 minutos, del cual se obtuvo un tiempo mínimo de 2.46 minutos y un tiempo máximo de 11.40 minutos.

Nos indica también que el tiempo promedio en espera dentro del sistema (Wait Time) es de 52.08 minutos, obteniendo un tiempo total de estancia (o llamada también tiempo de ciclo) de 58.85 minutos, obteniendo un tiempo mínimo de estancia de 3.44 minutos y un tiempo máximo de 274.70 minutos

Además nos muestra la cantidad la cantidad promedio de accesorios de portabilidad que ingresa al sistema por jornada, que es de 163.22 unidades y la cantidad promedio saliente es de 146.37 unidades, teniendo una eficiencia promedio de 89%.

Figura 34

Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico-Escenario 2

SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE ESC 02

Replications: 100 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	6.7578	0.03	6.4207	7.0817	2.4650	11.4042

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	52.0974	4.27	16.6343	131.52	0.00	269.18

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	58.8552	4.27	23.1664	138.37	3.4416	274.70

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
MERCANCIA	163.32	8.57	72.0000	276.00

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
MERCANCIA	146.37	6.53	68.0000	223.00

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	20.5151	2.37	3.8636	70.6701	0.00	105.00

Figura 34: Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico-Escenario 2

Luego en el segundo reporte mostrado en la figura 35 nos indica que el tiempo promedio en cola en la actividad de descargue es de 8.33 minutos, respecto a generar reporte de falla de algún producto es de 8.75 minutos, en la actividad de notificar algún productos faltante el tiempo promedio en cola es de 3.7 minutos.

Además el tiempo promedio en cola para ingresar la mercancía al inventario es de 2.21 minutos, en la actividad de inspección del producto el tiempo en cola es de 25.53 minutos para el primer servidor y 28.32 minutos para el segundo servidor; y del valor agregado del producto es en promedio 21.73 minutos para el primer servidor y 10.51 minutos para el segundo servidor.

Figura 35

Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico- Escenario 2

SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE ESC 02

Replications: 100 Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
DESCARGUE.Queue	8.3296	1.20	1.7639	34.3287	0.00	101.97
GEN REPORTE DE FALLA DEL PRODUCTO.Queue	Group #5 Name (Cadena)	2.71	0.00	95.7139	0.00	181.03
GEN REPORTE DE LOS PROD FALTANTES .Queue	3.7999	0.55	0.3877	15.3008	0.00	76.4088
INGRESAR LA MERCANCIA AL INVENTARIO.Queue	2.2196	0.25	0.5018	7.5732	0.00	79.9033
INSPECCION MERC 2.Queue	28.3293	4.46	0.00	96.3508	0.00	189.88
INSPECCION MERC.Queue	25.5372	1.13	12.1545	40.1308	0.00	115.42
VAP 2.Queue	10.5140	2.38	0.00	48.5113	0.00	100.78
VAP.Queue	21.7269	2.58	0.7990	68.9507	0.00	189.97

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
DESCARGUE.Queue	3.1590	0.60	0.2723	19.1952	0.00	62.0000
GEN REPORTE DE FALLA DEL PRODUCTO.Queue	0.1315	0.05	0.00	2.0257	0.00	6.0000
GEN REPORTE DE LOS PROD FALTANTES .Queue	0.1477	0.03	0.00484637	0.7998	0.00	9.0000
INGRESAR LA MERCANCIA AL INVENTARIO.Queue	0.6061	0.09	0.06272119	2.9028	0.00	14.0000
INSPECCION MERC 2.Queue	2.1501	0.60	0.00	16.2767	0.00	53.0000
INSPECCION MERC.Queue	6.4134	0.40	1.7751	10.7266	0.00	19.0000
VAP 2.Queue	1.1468	0.39	0.00	12.9413	0.00	32.0000
VAP.Queue	4.6406	0.52	0.0960	10.9151	0.00	12.0000

Figura 35: Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico- Escenario 2

En el tercer reporte mostrado en la figura 36, nos señala que el porcentaje de utilización dentro del sistema del operario 1 es del 30.76%, del operario 2 el 58.73%, del operario 3 es 71.92% y del operario 4 es 81.29%.

Figura 36

Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico - Escenario 2

SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE ESC 02

Replications: 100 Time Units: Minutes

Resource

Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
OPERARIO 1	0.3076	0.04	0.05657143	0.9596
OPERARIO 2	0.5873	0.03	0.2620	0.9409
OPERARIO 3	0.7192	0.03	0.3976	0.9447
OPERARIO 4	0.8129	0.03	0.3641	0.9998
OPERARIO DEL PROVEEDOR	0.1110	0.01	0.04950000	0.1733

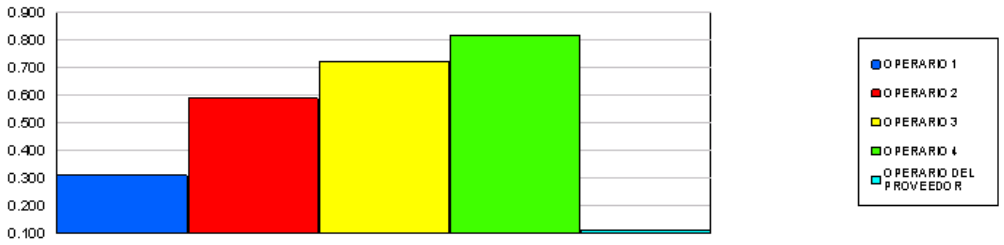


Figura 36: Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico - Escenario 2

Y en el cuarto reporte mostrado en la figura 37, nos indica que los reportes enviados al proveedor por algún faltante de mercadería son de 16.12 unidades y de reportes de falla del producto en promedio 6.63 unidades.

Figura 37

Especificaciones por el Usuario (contadores) del sistema logístico–Escenario 2

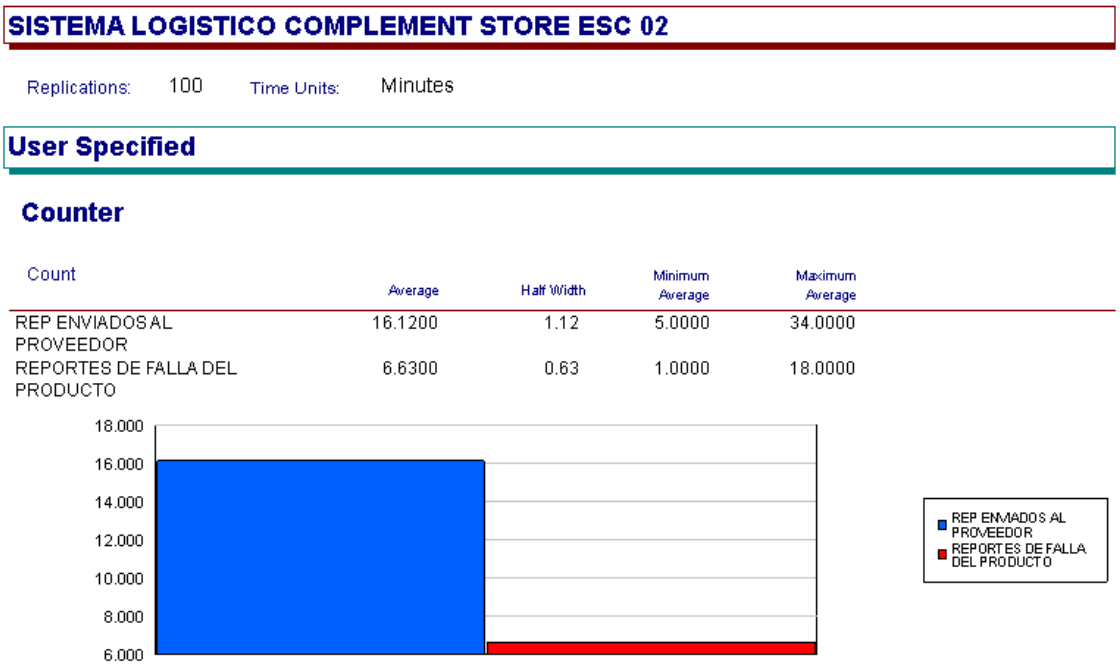


Figura 37: Especificaciones por el Usuario (contadores) del sistema logístico – Escenario 2

ESCENARIO 3: Tomando como base el escenario 2, se le asignó al operario 1 que apoye en la actividad de inspección del estado del producto.

Objetivo: Reducir el tiempo en cola en la actividad de inspección para la disposición de mayor mercancía para el despacho.

Figura 38

Flujograma del escenario 3

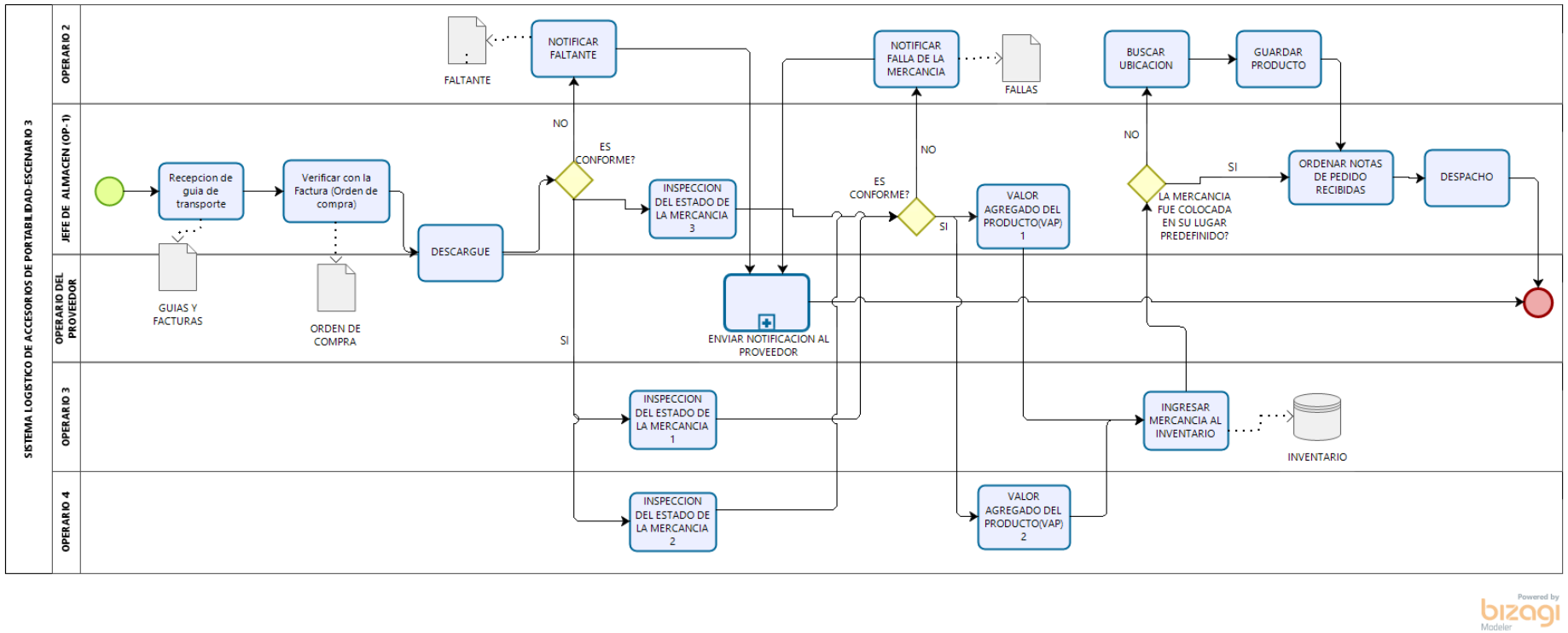


Figura 38: Flujograma del escenario 3

Figura 39

Modelo de Simulación del escenario 3 – software Arena

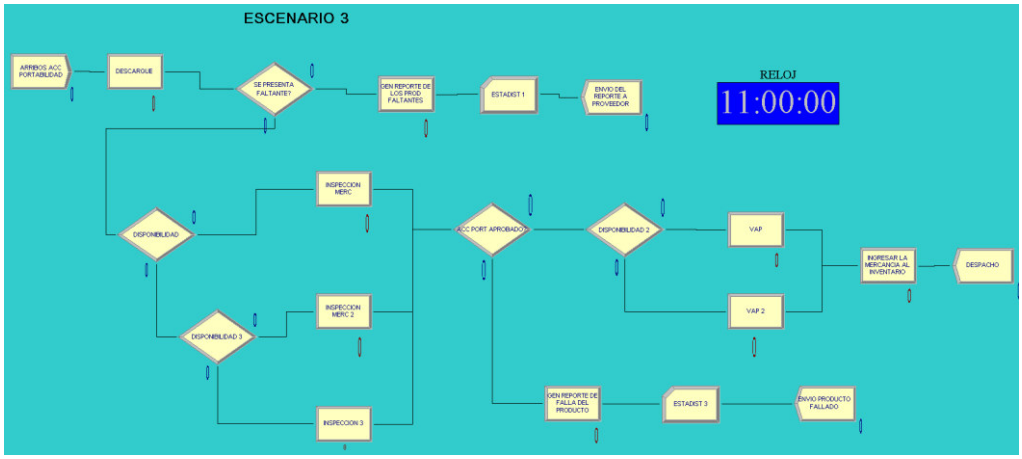


Figura 39: Modelo de Simulación del escenario 3 – software Arena

RESULTADOS DEL ESCENARIO 3

En el primer reporte mostrado en la Figura 40 nos señala que el tiempo promedio en proceso de cada accesorio de portabilidad (VA Time) es de 6.76 minutos, del cual se obtuvo un tiempo mínimo de 2.55 minutos y un tiempo máximo de 11.60 minutos.

Nos indica también que el tiempo promedio en espera dentro del sistema (Wait Time) es de 46.69 minutos, obteniendo un tiempo total de estancia (o llamada también tiempo de ciclo) de 53.47 minutos, obteniendo un tiempo mínimo de estancia de 3.45 minutos y un tiempo máximo de 229.4 minutos

Además nos muestra la cantidad la cantidad promedio de accesorios de portabilidad que ingresa al sistema por jornada, que es de 160.4 unidades y la cantidad promedio saliente es de 147.27 unidades, teniendo una eficiencia promedio de 91.79%.

Figura 40

Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico -Escenario 3

SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE ESC 03

Replications: 100 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	6.7684	0.03	6.4207	7.0461	2.5575	11.6073

NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	46.6999	3.34	16.6343	97.6379	0.00	221.86

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	53.4683	3.34	23.1664	104.45	3.4533	229.49

Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
MERCANCIA	160.44	7.78	60.0000	252.00

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
MERCANCIA	147.27	6.40	60.0000	212.00

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
MERCANCIA	17.9978	1.72	3.7784	48.2577	0.00	84.0000

Figura 40: Tiempo de estancia y unidades ingresadas en el sistema logístico -Escenario 3

Luego en el segundo reporte mostrado en la figura 41 nos indica que el tiempo promedio en cola en la actividad de descargue es de 9.21 minutos, respecto a generar reporte de falla de algún producto es de 7.55 minutos, en la actividad de notificar algún productos faltante el tiempo promedio en cola es de 3.95 minutos.

Además el tiempo promedio en cola para ingresar la mercancía al inventario es de 2.60 minutos, en la actividad de inspección del producto el tiempo en cola es de 23.84 minutos para el primer servidor y 12.97 minutos para el segundo servidor y 1.75 minutos para el tercer servidor; y del valor agregado del producto es en promedio 15.81 minutos para el primer servidor y 16.25 minutos para el segundo servidor.

Figura 41

Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico-Escenario 3

Category Overview

Values Across All Replications

SISTEMA LOGISTICO COMPLEMENT STORE ESC 03

Replications: 100 Time Units: Minutes

Queue

Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
DESCARGUE.Queue	9.2185	1.43	1.7639	37.7778	0.00	133.04
GEN REPORTE DE FALLA DEL PRODUCTO.Queue	7.5523	1.75	0.00	42.5577	0.00	147.69
GEN REPORTE DE LOS PROD FALTANTES .Queue	3.9584	0.59	0.6979	17.3494	0.00	73.0965
INGRESAR LA MERCANCIAAL INVENTARIO.Queue	2.6003	0.31	0.3880	7.7525	0.00	79.9033
INSPECCION 3.Queue	1.7538	1.37	0.00	38.3263	0.00	43.1230
INSPECCION MERC 2.Queue	12.9757	1.95	0.00	42.7247	0.00	99.97
INSPECCION MERC.Queue	23.8461	0.96	12.1545	34.9982	0.00	108.78
VAP 2.Queue	16.2526	3.87	0.00	85.8569	0.00	127.95
VAP.Queue	15.8074	1.54	0.7990	32.5794	0.00	104.51

Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
DESCARGUE.Queue	3.3128	0.62	0.2381	17.2977	0.00	60.0000
GEN REPORTE DE FALLA DEL PRODUCTO.Queue	0.1267	0.04	0.00	1.2329	0.00	5.0000
GEN REPORTE DE LOS PROD FALTANTES .Queue	0.1458	0.03	0.01017778	0.5299	0.00	6.0000
INGRESAR LA MERCANCIAAL INVENTARIO.Queue	0.7173	0.10	0.05982376	2.6049	0.00	15.0000
INSPECCION 3.Queue	0.02378235	0.02	0.00	1.0908	0.00	14.0000
INSPECCION MERC 2.Queue	0.7872	0.17	0.00	4.4505	0.00	21.0000
INSPECCION MERC.Queue	5.9541	0.37	1.7751	10.7106	0.00	17.0000
VAP 2.Queue	0.7306	0.26	0.00	8.1466	0.00	35.0000
VAP.Queue	4.0740	0.44	0.0960	9.4425	0.00	12.0000

Figura 41: Tiempo y unidades promedio en cola de cada actividad del sistema logístico - Escenario 3

En el tercer reporte mostrado en la figura 42, nos señala que el porcentaje de utilización dentro del sistema del operario 1 es del 33.89%, del operario 2 el 58.52%, del operario 3 es 71.82% y del operario 4 es 79.13%.

Figura 42

Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico - Escenario 3

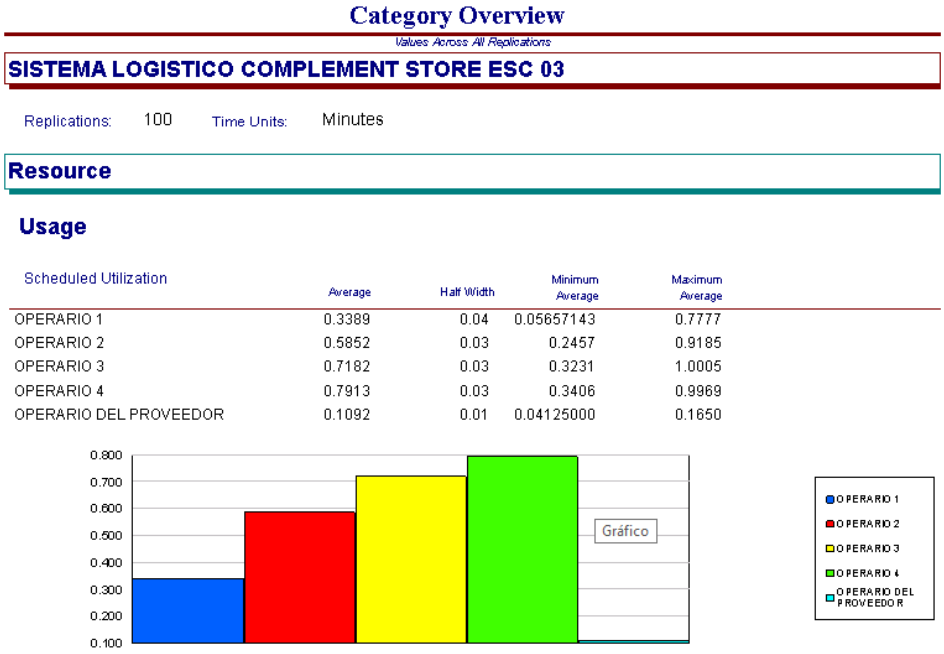


Figura 42: Porcentaje de utilización de los recursos del sistema logístico - Escenario 3

Y en el cuarto reporte mostrado en la figura 43, nos indica que los reportes enviados al proveedor por algún faltante de mercadería son de 15.59 unidades y de reportes de falla del producto en promedio 6.47 unidades.

Figura 43

Especificaciones por el Usuario (contadores) del sistema logístico –Escenario 3

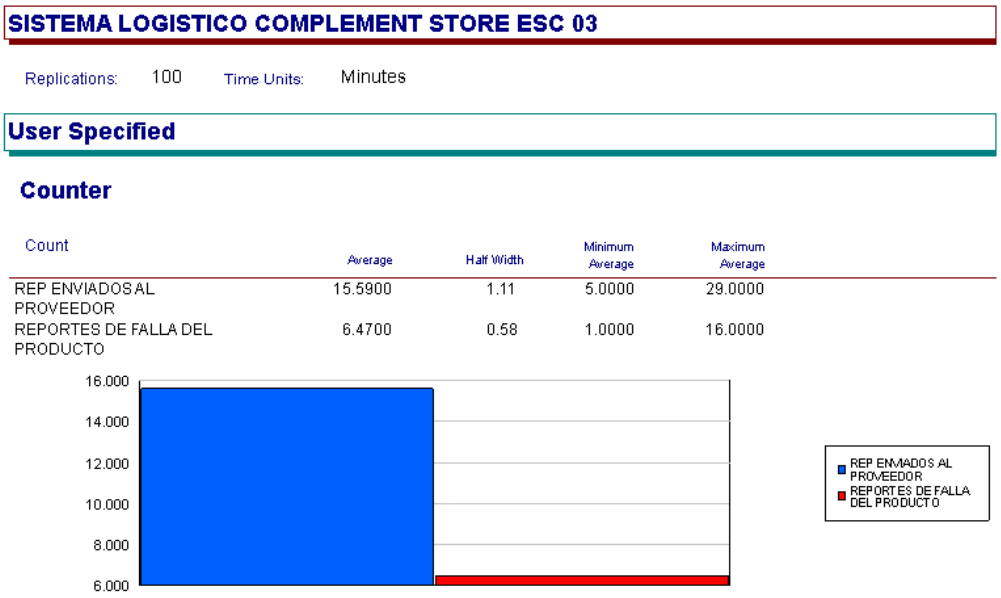


Figura 43: Especificaciones por el Usuario (contadores) del sistema logístico – Escenario 3

COMPARACIÓN DE ESCENARIOS:

Tabla 5

Comparación de escenarios

	SITUACION ACTUAL	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
TIEMPO PROMEDIOEN PROCESO (VA TIME)	6.74	6.75	6.75	6.76
TIEMPO PROMEDIO EN ESPERA (WAIT TIME)	72.65	67.13	52.09	46.69
TIEMPO PROMEDIO DE CICLO (TOTAL TIME)	79.39	73.88	58.84	53.45
MERCANCIA PROMEDIO QUE INGRESA AL SISTEMA	164.04	155.88	163.32	160.4
MERCANCIA PROMEDIO QUE SALE DEL SISTEMA	129.66	130.99	146.37	147.27
EFICIENCIA	**79.042%**	**84.033%**	**89.622%**	**91.814%**

Tabla 5: Comparación de escenarios

Figura 44

Comparación de escenarios respecto al tiempo de ciclo

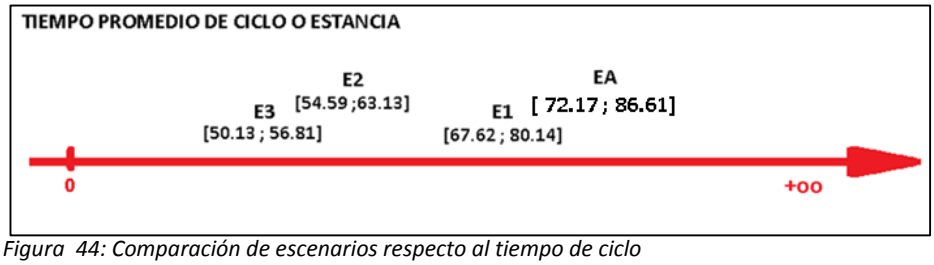


Figura 44: Comparación de escenarios respecto al tiempo de ciclo

Podemos apreciar en la tabla 10 y en la Figura 45 que el escenario 3 es el más recomendable, ya que tiene mejores tiempos respecto a la espera en cola de cada subproceso y la eficiencia tomando en cuenta los ingresos y salidas promedio de los accesorios de portabilidad por jornada.

CAPÍTULO 4: DISCUSIÓN

En base a los resultados de la simulación del sistema logístico, se puede decir que dicha metodología utilizada en el presente informe, de una manera estructurada y fundamentada, ayudó alcanzar el objetivo general que era establecer una mejora para el sistema en estudio.

Además, haciendo un contraste con la investigación de Torrejón (“Mejora del proceso de reparación de un taller de carrocería y pintura utilizando Simulación de Operaciones”, 2015), dicha investigación logro reducir el tiempo promedio de estancia o ciclo a 9 días por reparación en el taller de carrocería de la empresa, en el presente informe se logró reducir el tiempo promedio de ciclo de 79.39 minutos, que presenta la situación actual, a un tiempo promedio de 53.45 minutos en el modelo simulado.
Luego, la investigación en comparación logró aumentar la capacidad promedio de reparaciones mensuales en el taller, mientras tanto en el presente informe se obtuvo una mayor capacidad promedio de disposición de la mercancía para la venta de 147.27 unidades por día, teniendo una eficiencia del 91.81% respecto a la mercancía total promedio que ingresa por día en el sistema logístico, dentro del área de recepción y despacho de la empresa Complement.

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

Justificación Teórica:

En el presente informe se hará uso de la Simulación de Sistemas diseñando un modelo para analizar la secuencia de trabajo dentro del área de Recepción y Despacho y determinar el mejor escenario para la gestión de las actividades en esta área.

Justificación Práctica:

Para la empresa, reforzar su gestión comercial es primordial, para dicho propósito considera que el sistema logístico es un factor determinante, por tal motivo, el presente informe contribuirá a que el jefe de bodega implemente y controle en las mejores condiciones posibles el flujo de los accesorios de portabilidad para el beneficio de la empresa.

Justificación Metodológica:

Se pretende proponer una nueva técnica que represente la situación actual del sistema logístico por medio de un software especializado, el cual puede ser utilizado como base para posteriores investigaciones referente a la mejora de la gestión comercial de la empresa.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se concluye que, con la aplicación de la metodología basada en el uso de la simulación de eventos discretos, se logró mejorar la logística de los accesorios de portabilidad, disminuyendo los tiempos de espera en cola de cada actividad dentro del sistema (cuellos de botella) y disponiendo de una mayor mercancía para los módulos de venta de la empresa; De una eficiencia de 79.04% a 91.81% respecto a la mercancía que ingresa y sale del sistema.

Se concluye que clasificando los arribos de los accesorios de portabilidad y los tiempos de las actividades del sistema logístico dentro de alguna distribución de probabilidad teórica (en el caso de este informe se trabajó con la distribución Triangular, Normal, Uniforme) permitió representar su comportamiento en un modelo de simulación mediante el software Arena.

Se concluye que la validación del modelo de Simulación del sistema logístico de accesorios de probabilidad permitió la experimentación de escenarios, siguiendo con la comparación de las mismas con la situación actual de dicho sistema.

Luego del proceso de contraste de la situación actual con los tres escenarios planteados en este informe mediante sus principales indicadores, se puede concluir que el escenario 3 es el más viable y factible, permitiendo reducir los tiempos del sistema logístico de accesorios de portabilidad (de un tiempo promedio de estancia o de ciclo de 79.39 minutos a 53.45 minutos).

CAPÍTULO 6: RECOMENDACIONES

Las MIPYMES deberían utilizar procedimientos que puedan mejorar sus actividades, y con la ayuda de la metodología presentada se obtendría información del comportamiento de sus sistemas agregando también cierta situación de mejora.

Las microempresas deben considerar la aplicación de la metodología de la simulación descrito en este informe, ya que es una técnica que se emplea para resolver problemas complejos.

Se recomienda la concientización de todo el personal de la microempresa a encontrar e informar posibles fallos o dificultades en las actividades dentro del sistema, a fin de lograr una mejora continua en la empresa comercializadora de accesorios de portabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

Academia Española, R. (s.f.). *RAE*. Recuperado el 2022, de www.rae.es

Avendaño, C. A. (2017). *Propuesta de mejora del proceso de recepcion de mercaderia en el servicio de atencion de proveedores en Ransa Comercial S.A.* Lima: USIL - Facultad de Ciencias Empresariales.

Azarang, m., & Garcia, E. (1996). *Simulacion y analisis de modelos estocasticos.* Mexico: McGraw-hill.

Barceló, J. (1996). *Simulacion de sistemas discretos.* Madrid, España: ISDEFE.

Beltran , J., CArmona, M. A., Carrasco, R., Rivas, M., & Tejedor, F. (2009). *Guia para una gestion basada en procesos.* Sevilla, España.

Comision Economica para America Latina y El Caribe (CEPAL). (2019). *Mipymes en America Latina: un fragil desempeño y nuevos desafios para las politicas de fomento,sintesis.* Santiago: Naciones Unidas,Santiago.

Garcia , E., Garcia, H., & Cardenas, L. E. (2013). *Simulacion y analisis de sistemas con Promodel* (Segunda edicion ed.). Mexico: Pearson.

Gil, Y., & Vallejo, E. (2008). *Guia para la identificacion y analisis de los procesos de la universidad de Malaga.* Malaga, españa: Universidad de Malaga.

Guerra, J. A. (10 de Agosto de 2006). *gestiopolis.com.* Obtenido de https://www.gestiopolis.com/sistemas-informaticos-para-la-gestion-por-procesos/

Palomo, N. A. (2005). *Los procesos de gestion y la problematica de las pymes.* Ingenieria.

Torrejon, D. S. (2015). *Mejora del proceso de Reparacion de un Taller de Carroceria y Pintura utilizando simulacion de operaciones.* Lima: Facultad de Ciencias e Ingenieria - UPC.

Torres, P. J. (2016). *Simulacion de Sistemas.* Lima: Fondo Editorial de la Universidad de Lima.

Trujillo, E. A., Bamba, M., & Arena, L. M. (2016). *Las dificultades de las Pymes en America Latina y Colombia para lograr ser competitivas y sostenibles.* Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano. Bogota D.C: Facultad de Ciencias Economicas y Administrativas.

ANEXOS:

Anexo A-1:

Cantidad de arribos de accesorios de portabilidad (docenas) por día (Setiembre-Diciembre 2020)

MES	SEM	DIA	Cant. de arribos de accesorios de portabilidad por día (docenas)
SET	SEM 1	21	13
		23	7
		25	8
		28	13
	SEM 2	30	11
OCT	SEM 3	2	10
		5	13
		7	11
		9	9
	SEM 4	12	14
		14	10
		16	11
	SEM 5	19	14
		21	7
		23	10
	SEM 6	26	14
		28	8
		30	9
NOV	SEM 7	2	15
		4	11
		6	9
	SEM 8	9	15
		11	10

		13	12
		16	14
	SEM 9	18	12
		20	11
		23	16
	SEM 10	25	15
		27	12
		30	17
	SEM 11	2	16
		4	12
		7	16
	SEM 12	9	13
		11	12
		14	17
DIC	**SEM 13**	16	15
		18	12
		21	16
	SEM 14	23	12
		25	**FERIADO**
		28	14
	SEM 15	30	0

Tabla A-1: Cant. de arribos de accesorios de portabilidad (docenas) por día

Anexo A-2:

Tiempos respecto a la inspección de los accesorios de portabilidad

	TIEMPO		**TIEMPO (MIN)**
	MIN	**SEG**	
MERC 1	2	42	2.700
MERC 2	3	57	3.950
MERC 3	1	43	1.717
MERC 4	1	20	1.333
MERC 5	2	12	2.200
MERC 6	2	5	2.083
MERC 7	2	53	2.883
MERC 8	2	36	2.600
MERC 9	1	26	1.433
MERC 10	2	4	2.067
MERC 11	2	57	2.950
MERC 12	2	5	2.083
MERC 13	3	15	3.250

MERC 14	2	55	2.917
MERC 15	1	18	1.300
MERC 16	3	0	3.000
MERC 17	1	40	1.667
MERC 18	2	48	2.800
MERC 19	1	49	1.817
MERC 20	3	32	3.533
MERC 21	3	0	3.000
MERC 22	3	3	3.050
MERC 23	2	26	2.433
MERC 24	2	34	2.567
MERC 25	3	9	3.150
MERC 26	2	26	2.433
MERC 27	3	20	3.333
MERC 28	2	50	2.833
MERC 29	2	2	2.033
MERC 30	2	2	2.033
MERC 31	3	37	3.617
MERC 32	2	32	2.533
MERC 33	3	24	3.400
MERC 34	3	22	3.367
MERC 35	2	24	2.400
MERC 36	3	59	3.983
MERC 37	1	34	1.567
MERC 38	2	8	2.133
MERC 39	1	27	1.450
MERC 40	2	32	2.533
MERC 41	2	55	2.917
MERC 42	3	32	3.533
MERC 43	2	4	2.067
MERC 44	3	0	3.000
MERC 45	3	9	3.150
MERC 46	2	30	2.500
MERC 47	1	13	1.217
MERC 48	2	8	2.133
MERC 49	3	54	3.900
MERC 50	2	7	2.117
MERC 51	2	33	2.550
MERC 52	2	38	2.633
MERC 53	3	7	3.117
MERC 54	2	49	2.817
MERC 55	1	37	1.617
MERC 56	2	22	2.367
MERC 57	3	16	3.267
MERC 58	2	54	2.900
MERC 59	3	25	3.417

MERC 60	2	4	2.067
MERC 61	2	30	2.500
MERC 62	4	4	4.067
MERC 63	3	20	3.333
MERC 64	3	18	3.300
MERC 65	2	40	2.667
MERC 66	2	29	2.483
MERC 67	3	36	3.600
MERC 68	3	39	3.650
MERC 69	2	2	2.033
MERC 70	2	58	2.967
MERC 71	1	55	1.917
MERC 72	1	48	1.800
MERC 73	2	16	2.267
MERC 74	2	11	2.183
MERC 75	2	22	2.367

Tabla A-2: tiempos - Inspección de accesorios de

Anexo A-3:

Tiempos respecto al proceso de valor agregado del producto

	TIEMPO		TIEMPO (MIN)
	MIN	SEG	
MERC 1	3	53	3.883
MERC 2	3	51	3.850
MERC 3	1	45	1.750
MERC 4	2	43	2.717
MERC 5	1	29	1.483
MERC 6	4	13	4.217
MERC 7	2	14	2.233
MERC 8	2	48	2.800
MERC 9	2	35	2.583
MERC 10	1	13	1.217
MERC 11	4	12	4.200
MERC 12	4	16	4.267
MERC 13	2	38	2.633
MERC 14	4	4	4.067
MERC 15	3	30	3.500
MERC 16	2	19	2.317
MERC 17	1	19	1.317
MERC 18	2	23	2.383

MERC 19	3	41	3.683
MERC 20	3	36	3.600
MERC 21	2	57	2.950
MERC 22	2	56	2.933
MERC 23	4	33	4.550
MERC 24	3	26	3.433
MERC 25	2	45	2.750
MERC 26	3	26	3.433
MERC 27	3	24	3.400
MERC 28	3	50	3.833
MERC 29	3	12	3.200
MERC 30	4	38	4.633
MERC 31	3	47	3.783
MERC 32	2	25	2.417
MERC 33	3	5	3.083
MERC 34	1	41	1.683
MERC 35	2	36	2.600
MERC 36	3	6	3.100
MERC 37	3	41	3.683
MERC 38	3	26	3.433
MERC 39	1	22	1.367
MERC 40	2	9	2.150
MERC 41	2	51	2.850
MERC 42	4	27	4.450
MERC 43	2	36	2.600
MERC 44	2	11	2.183
MERC 45	2	38	2.633
MERC 46	1	57	1.950
MERC 47	3	35	3.583
MERC 48	2	26	2.433
MERC 49	2	49	2.817
MERC 50	1	55	1.917
MERC 51	2	27	2.450
MERC 52	3	5	3.083
MERC 53	3	21	3.350
MERC 54	4	1	4.017
MERC 55	3	16	3.267
MERC 56	3	16	3.267
MERC 57	2	50	2.833
MERC 58	2	6	2.100
MERC 59	1	31	1.517
MERC 60	2	26	2.433
MERC 61	2	25	2.417
MERC 62	3	8	3.133
MERC 63	2	3	2.050
MERC 64	4	13	4.217

MERC 65	3	2	3.033
MERC 66	3	12	3.200
MERC 67	2	38	2.633
MERC 68	2	6	2.100
MERC 69	2	13	2.217
MERC 70	1	40	1.667
MERC 71	4	57	4.950
MERC 72	1	31	1.517
MERC 73	2	45	2.750
MERC 74	2	2	2.033
MERC 75	2	33	2.550
MERC 76	3	2	3.033
MERC 77	2	49	2.817
MERC 78	2	22	2.367
MERC 79	1	11	1.183
MERC 80	3	2	3.033
MERC 81	2	1	2.017
MERC 82	3	17	3.283
MERC 83	2	28	2.467
MERC 84	2	47	2.783
MERC 85	3	20	3.333

Tabla A-3: tiempos - VAP

Anexo A-4:

Tiempos respecto a la generación de reportes de falla de mercancías

TIEMPO		TIEMPO (MINUTOS)
MIN	SEG	
3	16	3.267
3	54	3.900
3	48	3.800
3	14	3.233
4	17	4.283
4	32	4.533
3	14	3.233
3	41	3.683
4	57	4.950
3	51	3.850
4	37	4.617
3	27	3.450
3	31	3.517

4	23	4.383
3	12	3.200
4	4	4.067
4	32	4.533
4	54	4.900
4	56	4.933
3	58	3.967
4	19	4.317
3	19	3.317
3	37	3.617
3	38	3.633
4	36	4.600
3	43	3.717
4	54	4.900
4	10	4.167
3	40	3.667
3	7	3.117
4	41	4.683
3	32	3.533
3	50	3.833
4	35	4.583
3	29	3.483
4	48	4.800
4	47	4.783
3	43	3.717
4	42	4.700
4	36	4.600

Tabla A-4: Tiempos - Reportes de falla de mercancía

Anexo A-5:

Tiempos respecto al ingreso del producto al inventario.

TIEMPO		TIEMPO (MIN)
MIN	SEG	
1	53	1.8833
0	37	0.6167
1	16	1.2667
1	54	1.9000
1	15	1.2500
0	36	0.6000
0	30	0.5000
1	13	1.2167
1	10	1.1667

1	0	1.0000
0	46	0.7667
1	53	1.8833
1	17	1.2833
1	12	1.2000
0	51	0.8500
0	49	0.8167
1	15	1.2500
0	30	0.5000
0	35	0.5833
0	59	0.9833
2	0	2.0000
0	36	0.6000
1	21	1.3500
0	30	0.5000
1	25	1.4167
0	37	0.6167
0	54	0.9000
0	47	0.7833
1	27	1.4500
2	0	2.0000
0	59	0.9833
1	36	1.6000
1	15	1.2500
1	38	1.6333
1	37	1.6167
1	30	1.5000
1	20	1.3333
1	17	1.2833
1	21	1.3500
1	50	1.8333

Tabla A-5: Tiempos - ingreso del producto al inventario

Anexo A-6:

Tiempos respecto a la generación de reportes de faltantes de mercancías

TIEMPO		TIEMPO (MIN)
MIN	SEG	
3	29	3.483
4	50	4.833
4	2	4.033
4	19	4.317
4	11	4.183

3	4	3.067
3	32	3.533
4	28	4.467
3	9	3.150
3	11	3.183
3	48	3.800
3	56	3.933
3	3	3.050
4	47	4.783
4	42	4.700
4	13	4.217
4	56	4.933
4	26	4.433
3	46	3.767
3	60	4.000
3	56	3.933
3	38	3.633
4	22	4.367
3	46	3.767
4	12	4.200
4	15	4.250
3	12	3.200
4	52	4.867
4	32	4.533
3	11	3.183
4	28	4.467
3	57	3.950
4	27	4.450
3	57	3.950
3	13	3.217
3	47	3.783
3	59	3.983
4	16	4.267
4	19	4.317
3	16	3.267

Tabla A-6: Tiempos- Gen. Reportes de Faltantes de mercancías