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

# Simulación de sistemas en el registro de pasajeros para determinar el número de counters en la sala de embarque de los helipuertos de una empresa del sector hidrocarburos

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Investigación Operativa

**AUTOR**

Arturo Rafáel ANTÚNEZ GARAYAR

**ASESOR**

Mg. José Carlos ORÉ LUJÁN

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**

Antúnez, A. (2022). *Simulación de sistemas en el registro de pasajeros para determinar el número de counters en la sala de embarque de los helipuertos de una empresa del sector hidrocarburos*. [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 | Arturo Rafáel Antúnez Garayar |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 42607003 |
| URL de ORCID | https:/orcid.org/0000-0001-6070-2782 |
| **Datos de asesor** | |
| Nombres y apellidos | José Carlos Oré Luján |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 06119405 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0002-2174-4485 |
| **Datos del jurado** | |
| **Presidente del jurado** | |
| Nombres y apellidos | Carlos Ortega Muñoz |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 10196265 |
| **Miembro del jurado 1** | |
| Nombres y apellidos | Esther Berger Vidal |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 08766040 |
| **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<br>País: Perú<br>Departamento: Lima<br>Provincia: Lima<br>Distrito: Lima<br>Coordenadas geográficas<br>Latitud: -12.058333<br>Longitud: -77.083333 |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Julio 2022 |
| URL de disciplinas OCDE | Matemáticas aplicadas<br>https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.01.02 |

**Anexo 6**

**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 09:10 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:

| | |
|---|---|
| Dr. Carlos Ortega Muñoz | (Presidente) |
| Dra. Esther Berger Vidal | (Miembro) |
| Mg. José Carlos Oré Luján | (Miembro-Asesor) |

Para la sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional intitulada: SIMULACIÓN DE SISTEMAS EN EL REGISTRO DE PASAJEROS PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE COUNTERS EN LA SALA DE EMBARQUE DE LOS HELIPUERTOS DE UNA EMPRESA DEL SECTOR HIDROCARBUROS, presentada por el señor Bachiller Antúnez Garayar, Arturo Rafáel, 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 Antúnez Garayar, Arturo Rafáel, 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 09:40 horas, se levantó la Sesión, firmando para constancia la presente Acta en tres (3) copias originales o archivo PDF.

PRESIDENTE
Dr. Carlos Ortega Muñoz

MIEMBRO
Dra. Esther Berger Vidal

MIEMBRO-ASESOR
Mg. José Carlos Oré Luján

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA

# INFORME DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD

La Directora de la Escuela Profesional de Investigación Operativa, Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino, informa lo siguiente:

1. Operador del programa informático de similitudes: Mg. Paulo César Olivares Taipe
2. Documento evaluado: TSP –Simulación de sistemas en el registro de pasajeros para determinar el número de counters en la sala de embarque de los helipuertos de una empresa del sector hidrocarburos
3. Autor del TSP: Arturo Rafáel Antúnez Garayar
4. Fecha de recepción de la tesina: 26 de Julio de 2022
5. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 28 de Julio de 2022.
   - Software utilizado: Turnitin
6. Configuración del programa detector de similitudes:
   - Excluye textos entrecomillados
   - Excluye bibliografía
   - Excluye cadenas menores a 40 palabras
7. Porcentaje de similitudes según programa detector de similitudes: 5%
8. Fuentes originales de las similitudes encontradas:
   Fuentes de internet: 5%
   Publicaciones: 0%
   Trabajos del estudiante: 4%
9. Calificación de originalidad:
   - El documento mencionado cumple criterios de originalidad, sin observaciones.

Lima, 20 de agosto de 2022

UNMSM
Firmado digitalmente por VELASQUEZ PINO Carmela Catalina FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24.08.2022 14:51:34 -05:00

Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino
Directora

# FICHA CATALOGRÁFICA

**ARTURO RAFÁEL ANTÚNEZ GARAYAR**

SIMULACIÓN DE SISTEMAS EN EL REGISTRO DE PASAJEROS PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE COUNTERS EN LA SALA DE EMBARQUE DE LOS HELIPUERTOS DE UNA EMPRESA DEL SECTOR HIDROCARBUROS

Lima 2022.

Xi, 10 p., 63 p., 29.7 cm (UNMSM, Licenciado, Investigación Operativa, 2022).

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Facultad de Ciencias Matemáticas

Escuela Profesional de Investigación Operativa

UNMSM / FCM

# Dedicatoria

A mis padres Marino y Sonia, que desde mi existencia me dieron su amor y apoyo incondicional a pesar de todos los obstáculos económicos, entre otras dificultades; a mis hermanos Laura y Florentino, y a mis abuelitas Inés y Eduviges.

A mi amiga María Cristina Fernández Illescas por irradiar y dejar en mí el valor del optimismo y la importancia de sonreír. Desde el 2005, lo haces para todos desde el cielo, te llevo siempre conmigo.

A mi esposa Karla e hijos Alazne y Kamil por su amor incondicional y ayuda fundamental para cumplir esta meta familiar.

# Agradecimiento

A todos mis profesores de la carrera de Investigación Operativa, todos los que me instruyeron en alguna aula aportaron mucho en mí. De manera especial, a quienes mostraron buena predisposición y dieron su tiempo (sin haber sido su alumno) trasmitiéndome el ánimo de “investigar” y de “ser mejores profesionales” (profesora Alicia Riojas).

A mis compañeros de Repsol Exploración y Pluspetrol que me dieron su apoyo para cubrirme en alguna clase de exposición, pero sobre todo por darme ánimos para mejorar como profesional cumpliendo esta meta.

# RESUMEN

## SIMULACIÓN DE SISTEMAS EN EL REGISTRO DE PASAJEROS PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE COUNTERS EN LA SALA DE EMBARQUE DE LOS HELIPUERTOS DE UNA EMPRESA DEL SECTOR HIDROCARBUROS

ARTURO RAFÁEL ANTÚNEZ GARAYAR

Julio 2022

ASESOR: Mg. José Carlos Oré Luján

TÍTULO A OBTENER: Licenciado en Investigación Operativa

---

En la presente monografía se realiza un análisis al sistema de registro de pasajeros en la sala de embarque de una empresa del sector hidrocarburos utilizando la simulación de sistemas. Con los datos recopilados y analizados se evalúan diferentes escenarios para presentar a la Gerencia de Operaciones una propuesta de rediseño del sistema considerando servidores adicionales (counters) con fin de reducir el tiempo de atención en este sistema para brindar un servicio más ágil.

**Palabras claves:**

Simulación de sistemas, helipuertos, tiempo de espera, mejora continua, hidrocarburos.

# ABSTRACT

## SIMULATION OF PASSENGER REGISTRY SYSTEMS TO DETERMINE THE NUMBER OF COUNTERS IN THE DEPARTURE LOUNGE OF THE HELIPORTS OF A COMPANY IN THE HYDROCARBONS SECTOR

ARTURO RAFÁEL ANTÚNEZ GARAYAR

July 2022

ADVISOR: Mg. José Carlos Oré Luján

DEGREE TO OBTAIN: Graduate of Operations Research

---

In this monograph, an analysis is made of the passenger registration system in the departure lounge of a company in the hydrocarbon sector using system simulation. With the collected and analyzed data, different scenarios are evaluated to present to the Operations Management a system redesign proposal considering additional servers (counters) in order to reduce the attention time in this system to provide a more agile service.

**Palabras claves:**

Systems simulation, helipads, waiting time, continuous improvement, hydrocarbons

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN ..... 1
1.1 Objetivos del informe ..... 1
1.2. Estructura del informe ..... 2
CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD ..... 3
2.1. Institución donde se desarrolló la actividad ..... 3
2.2. Período de duración de la actividad ..... 5
2.3 Finalidad de la entidad ..... 6
2.4 Objetivos de la entidad ..... 6
2.5 Otros datos de la entidad ..... 6
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD ..... 7
3.1 Organización de la actividad ..... 7
3.2 Situación problemática ..... 9
3.2.1 Formulación de problema ..... 10
3.2.1.1 Problema general ..... 10
3.2.1.2 Problemas específicos ..... 10
3.3. Finalidad y objetivos de la actividad ..... 10
3.3.1 Finalidad ..... 10
3.3.2 Objetivos ..... 11
3.2.2.1 Objetivo general ..... 11
3.2.2.2 Objetivos específicos ..... 11
3.4 Justificación ..... 12
3.4.1 Justificación teórica ..... 12
3.4.2 Justificación práctica ..... 12
3.5 Importancia de la investigación ..... 13
3.6 Viabilidad ..... 14
3.7 Limitaciones ..... 14
3.8 Marco Teórico ..... 15
3.8.1 Antecedentes de la investigación (Estado del arte) ..... 15
3.8.1.1 Fuentes nacionales ..... 15
3.8.1.2 Fuentes internacionales ..... 18
3.9 Metodología ..... 20

3.9.1 Método de la investigación ..... 20
3.9.2 Diseño de la investigación ..... 20
3.9.2.1 No experimental ..... 20
3.9.2.2 Documental ..... 20
3.9.3 Carácter de la investigación ..... 20
3.9.3.1 Cuantitativa: ..... 20
3.9.4 Tipo de investigación ..... 21
3.9.4.1 Descriptiva ..... 21
3.9.4.2 Explicativa ..... 21
3.9.4.3 Proyectiva ..... 21
3.9.5 Procedimientos ..... 21
3.9.5.1 Técnicas ..... 21
3.9.5.1.1 Observación ..... 21
3.9.5.1.2 Entrevistas a los involucrados en el proceso y sistema ..... 21
3.9.5.2 Instrumentos ..... 21
3.9.5.2.1 Estudios de tiempo ..... 22
3.9.5.2.2 Software especializado ..... 22
3.9.5.2.3 Bases de datos de la compañía ..... 22
3.10 Bases teóricas ..... 22
3.10.1 Sistema ..... 22
3.10.2 Relación entre proceso y sistema ..... 22
3.10.2.1 Proceso ..... 22
3.10.2.1 Sistema ..... 22
3.10.3 Elementos de un sistema ..... 23
3.10.3.1 Entidades ..... 23
3.10.3.2 Actividades ..... 23
3.10.3.3 Recursos ..... 24
3.10.3.4 Controles ..... 24
3.10.4 Complejidad de un sistema ..... 25
3.10.4.1 Interdependencia ..... 25
3.10.4.2 Variabilidad ..... 25
3.10.5 Modelo ..... 26
3.10.6 Simulación de sistemas ..... 27
3.10.6.1 Características ..... 27

3.10.6.2 Ventajas y desventajas ..... 28
3.10.7 Fases de un proyecto de simulación ..... 28
3.10.8 Software especializado utilizado ..... 29
3.10.8.1 Cálculo del número de corridas de simulación ..... 30
3.10.8.2 Factor de precisión (Half Width) ..... 31
3.10.9 Definiciones de términos ..... 32
3.10.10 Procedimiento ..... 33
1. Análisis del comportamiento de la empresa ..... 33
2. Identificación de la congestión en el sistema ..... 35
3. Revisión del registro de datos obtenido de la situación actual ..... 35
4. Procesamiento de información del registro de datos obtenido ..... 36
5. Definición de alternativas de escenarios ..... 40
6. Definición del modelo simulación ..... 41
6.1 Cálculo del número de corridas de simulación ..... 41
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES ..... 48
4.1 Justificación ..... 48
4.2 Metodología aplicada ..... 48
4.3 Descripción de la implementación (resultados) ..... 49
CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES ..... 50
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFIA ..... 51
CAPÍTULO VII: ANEXOS ..... 55
ANEXO 1 ..... 55
ANEXO 2 ..... 58
ANEXO 3 ..... 60
ANEXO 4 ..... 62

# LISTA DE FIGURAS

Figura N°1 ..... 3
*Organigrama de campo* ..... 3
Figura N°2 ..... 4
*Mapa de ubicación del lote 57* ..... 4
Figura N°3 ..... 4
*Mapa de ubicación de la Base de operaciones Nuevo Mundo* ..... 4
Figura N°4 ..... 8
*Representación del flujo de pasajeros que viajan a locaciones* ..... 8
Figura N°5 ..... 9
*Zona de helipuertos y Flujo de pasajeros en la Base Nuevo Mundo* ..... 9
Figura N°6 ..... 23
*Representación de sistema* ..... 23
Figura N°7 ..... 24
*Elementos de un sistema* ..... 24
Figura N°8 ..... 26
*Representación de un modelo* ..... 26
Figura N°9 ..... 34
*Zona de helipuertos y Flujo de pasajeros en la Base Nuevo Mundo* ..... 34
Figura N°10 ..... 36
*Distribución de probabilidad de tiempo entre arribos de pasajeros antes del ajuste* ..... 36
Figura N°11 ..... 37
*Tiempo entre llegadas de los pasajeros* ..... 37
Figura N°12 ..... 38
*Tiempo de servicio en el Almacén de EPP* ..... 38
Figura N°13 ..... 39
*Distribución de probabilidad de tiempo de servicio de la sala de embarque* ..... 39
Figura N°15 ..... 39
*Tiempo de servicio en la Sala de Embarque* ..... 39
Figura N°16 ..... 42
*Factor de precisión* ..... 42
Figura N°17 ..... 43
*Factor de precisión* ..... 43

# LISTA DE TABLAS

Tabla N°1 ..... 35
*Toma de tiempos realizada en la Base de Operaciones Nuevo Mundo* ..... 35
Tabla N°2 ..... 40
*Principales destinos de los trabajadores que viajan en helicóptero* ..... 40
Tabla N°3 ..... 40
*Escenarios a analizar* ..... 40
Tabla N°4: ..... 43
*Cálculo del número de corridas "N"* ..... 43
Tabla N°5: ..... 44
*Indicadores obtenidos tras calcular el número de corridas "N"* ..... 44

# CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

## 1.1 Objetivos del informe

Entre las actividades que realizan las empresas del sector hidrocarburos en el Perú tenemos: exploración, perforación, producción, entre otros. Dentro de las actividades de soporte asociados a las actividades mencionadas, la logística cumple un rol un importante debido a que las operaciones se realizan en un lugar remoto, para este trabajo se realizará en la selva remota del Cuzco, cuya dinámica es totalmente distinta a la logística de una urbe, estando condicionado a la variabilidad del clima, la geografía de la zona, entre otros aspectos particulares. Para el presente trabajo, existen dos tipos de accesos hacia la zona geográfica donde opera Repsol Exploración Perú: la vía fluvial (a través de embarcaciones) y la vía aérea (a través de helicóptero y avión).

El presente trabajo enfoca una mejora en la logística del transporte aéreo de pasajeros en helicóptero en la etapa de perforación. En este contexto, la compañía tiene una doble demanda de viajeros que van desde la Base de Operaciones Nuevo Mundo hasta las locaciones donde se realiza la perforación a los pozos debido a que las actividades del proyecto requieren un incremento de personal especializado. El sistema analizado en este proceso de transporte es el registro de pasajeros realizado previo al vuelo de helicóptero, el cual se realiza en la zona de helipuertos de la Base de Operaciones Nuevo Mundo.

El objetivo del presente trabajo es utilizar la Simulación de Sistemas para plantear escenarios que reduzcan el tiempo de registro de pasajeros en el counter ubicado en la zona de helipuertos de una empresa del sector hidrocarburos con el fin de evitar retrasos en el traslado de pasajeros por helicóptero desde la Base de Operaciones Nuevo Mundo hasta las locaciones donde se realiza actividades de Perforación.

Finalmente, este trabajo permitió obtener una mejora reflejada en la reducción del tiempo de servicio brindado en el counter en el proceso operativo de registro de pasajeros en la sala de embarque de los helipuertos, lo cual fundamentó a la

Gerencia de Operaciones la necesidad de implementar otros servidores y recursos para tal fin.

## 1.2. Estructura del informe

La estructura del presente informe se ha organizado de la siguiente manera:

Capítulo I: INTRODUCCIÓN. Esta sección comprende el objetivo y la estructura del trabajo.

Capítulo II: INFORMACIÓN DEL LUGAR. Se describe dónde se realiza la actividad, la duración de la actividad, los objetivos y la finalidad de la entidad, entre otros datos de la institución.

Capítulo III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD. En esta sección se exponen la organización de la actividad, finalidad y objetivos de la actividad, problemática, metodología, procedimientos y resultados de la actividad.

Capítulo IV: CONCLUSIONES. En este apartado se muestra la justificación, metodología aplicada y descripción de la implementación.

Capítulo V: RECOMENDACIONES. Se describen las recomendaciones de mejora.

Capítulo VI: BIBLIOGRAFÍA. Comprende la referencia bibliográfica citada y utilizada para el desarrollo del trabajo.

Capítulo VII: ANEXOS. Comprende los contenidos que por su extensión no se incluyen en el desarrollo del cuerpo del texto.

# CAPÍTULO II: INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

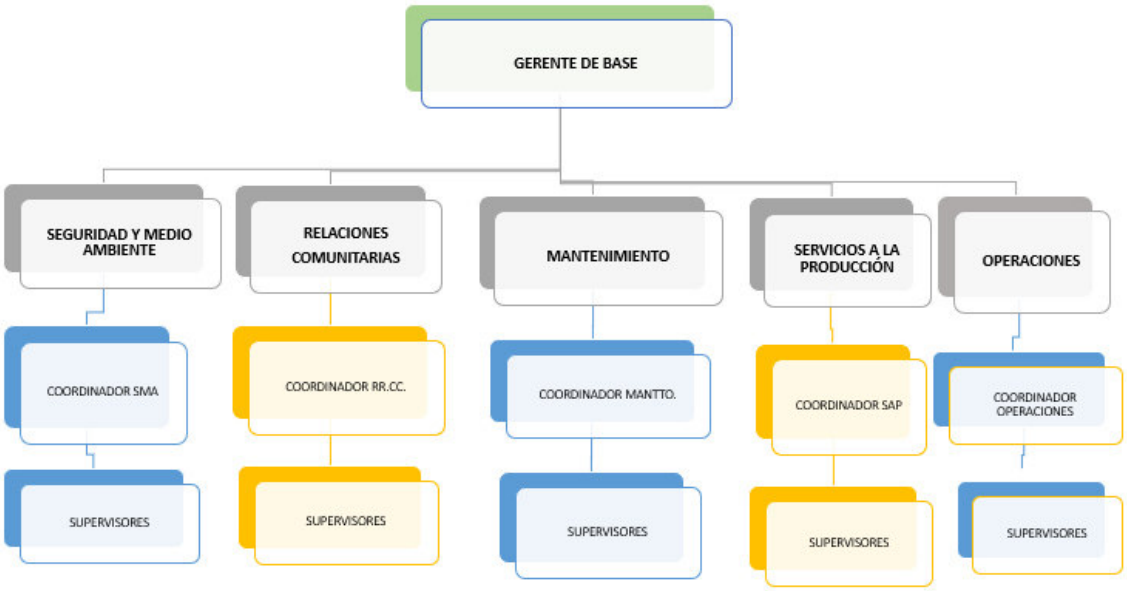
## 2.1. Institución donde se desarrolló la actividad

Repsol Perú (s.f.) indicó: Repsol desarrolla actividades de exploración petrolera en la región de la selva amazónica, refinación de petróleo en Refinería La Pampilla y distribución y comercialización de combustibles a través de la amplia y moderna red de estaciones de servicios Repsol, clientes industriales y gran minería. (para. 1)

A continuación, en la figura N°1 mostramos el organigrama de personal de la Base de Operaciones Nuevo Mundo:

**Figura** N°1

*Organigrama de campo*




**Fuente:** Elaboración propia. Repsol (2021)

Repsol identifica en su misión ser una compañía energética comprometida con un mundo sostenible ([Artículo acerca de la misión de Repsol], s.f.). Asimismo, determina en su visión ser una compañía energética global, que basada en la innovación, la eficiencia y el respeto, crea valor de manera sostenible para el progreso de la sociedad ([Artículo acerca de la visión de Repsol], s.f.).

Repsol Exploración Perú opera en el lote 57 (ver figura N°2).

**Figura N°2**

*Mapa de ubicación del lote 57*




**Fuente:** Repsol (2017)

Asimismo, la Base de Operaciones Nuevo Mundo está ubicado en el distrito de Megantoni, provincia de La Convención, departamento del Cusco, tal como se muestra en la Figura N°3:

**Figura N°3**

*Mapa de ubicación de la Base de operaciones Nuevo Mundo*




**Fuente:** Repsol (2017)

## 2.2. Período de duración de la actividad

El presente trabajo comienza con la revisión de los procesos operativos de la logística de campo y luego con toma de tiempos entre llegadas de pasajeros y de servicio de registro en counter, todos dentro del proceso de registro de pasajeros en la sala de embarque en la zona de helipuertos de la Base de Operaciones Nuevo Mundo. Para este estudio se obtuvieron datos en el siguiente período:

**Inicio:** Abril 2021

**Fin:** Setiembre 2021

## 2.3 Finalidad de la entidad

Impulsar en sus trabajadores iniciativas de mejora continua que ayuden a la organización a tener operaciones y actividades eficaces y eficientes basados en el respeto al medio ambiente, las buenas relaciones con las comunidades y el desarrollo de una cultura de seguridad que mantenga la integridad de sus trabajadores y las operaciones seguras, los cuales permitirán construir modelos energéticos más sostenibles.

## 2.4 Objetivos de la entidad

Entre los objetivos de la entidad tenemos:

- Realizar actividades que contribuyan a la mejora continua de la organización a lo largo de toda la cadena de valor

- Fomentar y asegurar el despliegue a lo largo de toda la cadena de valor, de iniciativas digitales en fases de implantación (escalado u operación madura) promoviendo nuevas soluciones digitales que contribuyan a la generación eficiente y sostenible de energía ([Artículo sobre objetivos de sostenibilidad de Repsol], s.f.).

## 2.5 Otros datos de la entidad

Razón social: Repsol Exploración Perú Sucursal del Perú

Dirección: Av. Víctor Andrés Belaunde 147. San Isidro

Correo electrónico del profesional a cargo: arturo.antunez@repsol.com / yuriroy.alvarado@repsol.com

# CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

## 3.1 Organización de la actividad

La actividad se enfoca en una iniciativa o propuesta de mejora del proceso operativo de transporte aéreo de pasajeros en helicópteros en una empresa privada de exploración y producción de hidrocarburos en la selva peruana, en la que se utiliza la simulación de sistemas para contribuir a la gestión de la Gerencia de Operaciones.

El proceso del sistema de registro de pasajeros que se realiza en la sala de embarque de la zona de helipuertos de la Base de Operaciones Nuevo Mundo comprende:

**Llegada de pasajeros:** Los pasajeros que llegan desde Lima a la Base de Operaciones Nuevo Mundo luego de salir de la sala de embarque del aeropuerto se dirigen hacia la zona de helipuertos para su posterior viaje a locaciones.

**Almacén de EPP:** Los pasajeros que llegan desde Lima a la Base de Operaciones Nuevo Mundo y que se dirigen hacia la zona de helipuertos ingresan al almacén de Equipos de protección personal (EPP) para recoger su kit personal de equipos de seguridad (casco, guante u otros) y su kit de bioseguridad (alcohol gel y otros).

**Sala de embarque:** Los pasajeros luego de recibir sus kits personales ingresan a la sala de embarque de la zona de helipuertos de la Base de Operaciones Nuevo Mundo para registrarse (check in) con el operador FBO del counter.

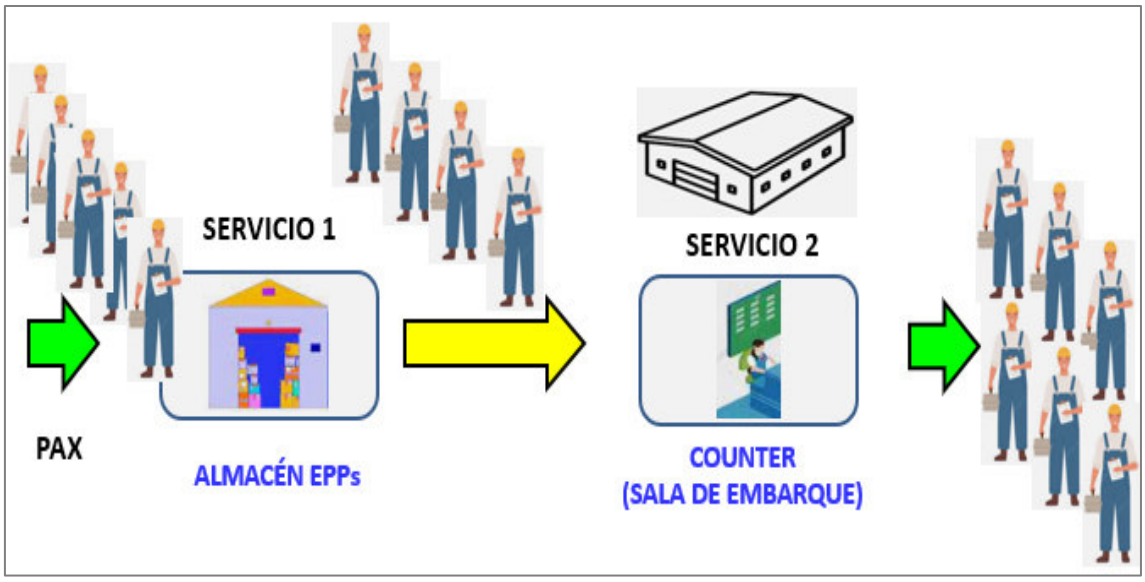
**Sala de espera:** Los pasajeros luego que son registrados (check in) esperan en otro ambiente de la sala de embarque, esperando el aviso del operador FBO para abordar el helicóptero asignado a su viaje respectivo (locación destino).

**Salida de pasajeros:** Luego de la llegada del helicóptero el operador FBO avisa a los pasajeros que aborden el helicóptero que los trasladará a su locación destino.

La representación de esta secuencia la podemos ver en la figura N°4:

**Figura N°4**

*Representación del flujo de pasajeros que viajan a locaciones*




**Fuente:** Elaboración propia

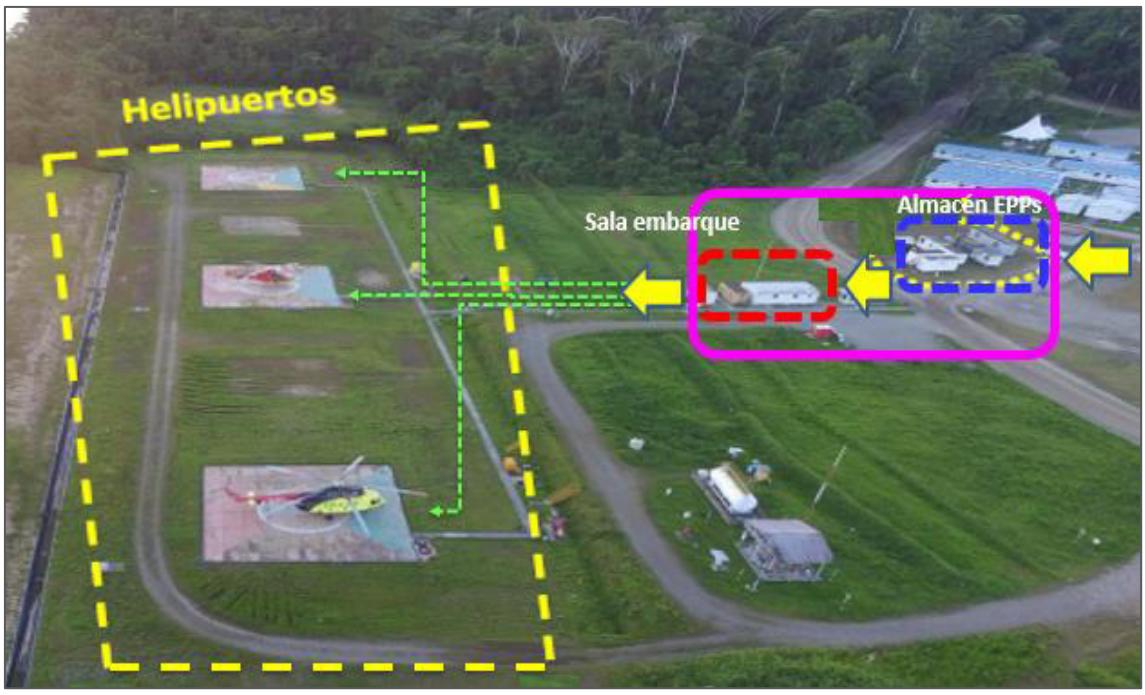
## 3.2 Situación problemática

Para ejecutar los vuelos desde la base de operaciones Nuevo Mundo (BONM) hacia las distintas locaciones los pasajeros deben registrarse previamente en la sala de embarque de la zona de helipuertos.

Este registro (check in) de pasajeros demanda un tiempo considerable que comprende el pesaje del pasajero y su equipaje lo que ocasiona que se generen colas de pasajeros para su registro en el counter ubicado en la sala de embarque. Actualmente se dispone de una persona calificada para tal actividad, llamada Operador FBO. Cabe mencionar que la actividad del check in se complementa con los controles de seguridad industrial (Safety) y seguridad física (Security). En la Figura N°5 se puede ver una vista panorámica de la zona de helipuertos conformada por la sala de embarque y los helipuertos donde se ubican los helicópteros que trasladan los pasajeros y cargas, asimismo el flujo (flechas direccionales) de tránsito de los pasajeros que son programados para viajar.

**Figura N°5**

*Zona de helipuertos y Flujo de pasajeros en la Base Nuevo Mundo*




**Fuente:** Repsol (2019)

### 3.2.1 Formulación de problema

Tenemos:

#### 3.2.1.1 Problema general

- ¿La simulación de sistemas en la sala de embarque de helipuertos de la Base de operaciones Nuevo Mundo permitirá reducir el tiempo medio de registro de pasajeros?

#### 3.2.1.2 Problemas específicos

- ¿La simulación de sistemas en la sala de embarque de helipuertos de la Base de operaciones Nuevo Mundo permitirá identificar si es necesario implementar otros servidores (counter) para el registro de pasajeros?

- ¿La simulación de sistemas en la sala de embarque de helipuertos de la Base de operaciones Nuevo Mundo ayudará en la toma de decisiones de la gerencia para contratar más personal de counter?

## 3.3. Finalidad y objetivos de la actividad

### 3.3.1 Finalidad

La compañía pretende seguir mejorando sus procesos internos en el lote 57 con iniciativas que reflejen beneficios de tiempo, costo, calidad, entre otros.

### 3.3.2 Objetivos

Establecemos los siguientes objetivos:

#### 3.2.2.1 Objetivo general

- Plantear escenarios a la Gerencia de Operaciones, a través de la simulación de sistemas, que le permita decidir sobre el tiempo apropiado de registro de pasajeros (check in) en el counter de la sala de embarque de los helipuertos de la Base de operaciones Nuevo Mundo.

#### 3.2.2.2 Objetivos específicos

- Determinar un escenario simulado que brinde a la Gerencia de Operaciones alternativas para instalar uno o más servidores (counter adicional) que permitan mejorar el tiempo de registro de pasajeros (check in) que viajarán en helicóptero.

- Determinar un escenario simulado que brinde a la Gerencia de Operaciones mejores promedios de tiempo de atención en counter y tiempo total de servicio durante el registro de pasajeros (check in) en la sala de embarque de la Base de operaciones Nuevo Mundo.

## 3.4 Justificación

### 3.4.1 Justificación teórica

En el sector hidrocarburos, específicamente en las compañías de Exploración y Producción (E&P) de petróleo y gas en el Perú, son escasos los estudios de aplicación de la Investigación de Operaciones. En particular, no hay literatura sobre simulación de sistemas y teoría de colas en este sector por lo que la presente investigación pretende aportar en el estado de arte de estos temas.

Las operaciones de este tipo de compañías se desarrollan en lugares remotos, por tanto, el comportamiento y gestión de la cadena de suministro es muy particular y diferente a la que se realiza en cualquier ciudad, lo cual conlleva a realizar grandes inversiones principalmente en toda la cadena logística.

### 3.4.2 Justificación práctica

La Gerencia de la compañía promueve constantemente en todos los trabajadores plantear recomendaciones y/o sugerencias fundamentadas en iniciativas que consigan la mejora de los procesos operativos para aumentar la eficiencia de los recursos. A través de la presente investigación tengo la oportunidad de analizar escenarios utilizando la simulación de sistemas para entender el comportamiento del sistema y evaluar estrategias para mejorar el proceso.

Así, la Investigación de Operaciones será una gran herramienta para proponer alternativas de decisión que evidencien mejoras, ahorros, rentabilidad y competitividad al negocio.

## 3.5 Importancia de la investigación

La presente investigación beneficiará a los usuarios de la Cía. y al personal contratista porque reducirá el tiempo de espera en la cola y el tiempo de permanencia dentro de la sala de embarque en el proceso de registro de pasajeros que viajarán a las locaciones en helicóptero, lo cual permitirá disponer del personal en los destinos donde fueron asignados para realizar sus actividades de trabajo en forma oportuna (cumpliendo metas de plazo).

Permitirá también a la Gerencia de Repsol decidir si contrata o instala un counter (servidor) adicional y el personal correspondiente para la atención del registro (check in) de pasajeros dentro de la sala de embarque de helipuertos de la Base de operaciones Nuevo Mundo.

Desde el punto de vista económico y de mejora de procesos, es importante porque la reduce los tiempos de registro de pasajeros (check in) y los costos asociados para la instalación y contratación de un counter con personal adicional en la sala de embarque de helipuertos de la Base de operaciones Nuevo Mundo. Además, volverá más fluido el proceso de ejecución de los vuelos en helicóptero y evitará que éstos se apaguen por esperas de registros incompletos de pasajeros cuando el programa de vuelos está en curso.

Finalmente, es importante desde el punto de vista social porque permite afianzar la cultura de seguridad de la compañía en cuanto a los procedimientos y controles para el transporte de pasajeros en helicóptero, teniendo en cuenta que hay un porcentaje considerable de pasajeros de las comunidades que viajan a las locaciones en helicóptero para realizar diversas actividades.

## 3.6 Viabilidad

La presente investigación ha sido factible de realizar por las facilidades y apoyo permanente recibidos de la jefatura de la Base de Operaciones Nuevo Mundo para contribuir al estado de arte del sector. Entre las facilidades conseguidas tenemos:

- La facilidad de acceso a la información de la Cía. (datos, documentos y otros) y a las áreas donde se enfoca el sistema en estudio en la Base Nuevo Mundo.
- Empatía y colaboración proactiva de todos los involucrados (personal directo y contratista que labora en el lote) en las diversas pruebas piloto y encuestas.
- La disponibilidad de los recursos asociados a la investigación (humanos, financieros y materiales).

## 3.7 Limitaciones

En el presente trabajo el autor no ha tenido limitaciones o dificultades tanto en el acceso de la información como en el trayecto del desarrollo de su investigación.

## 3.8 Marco Teórico

### 3.8.1 Antecedentes de la investigación (Estado del arte)

Por la importancia del impacto que se puede plantear y obtener al utilizar la simulación de sistemas es necesario realizar la revisión de otros trabajos e investigaciones en los diferentes sectores y/o contextos para tener un Estado de arte. En tal sentido, se debe entender el efecto de otras aplicaciones de este tipo de estudio a empresas de otros sectores industriales, en realidades nacionales e internacionales.

#### 3.8.1.1 Fuentes nacionales

Abordaremos de diez investigaciones nacionales, aplicados en diversos sectores para asociar el tema que desarrollo en la presente investigación:

**Cerdan López, Alex y García Mendoza, Elvis (2021) – "Aplicación de la teoría de colas para mejorar la producción de carguío y acarreo en una empresa minera de Cajamarca, 2020"**

Los autores buscan reducir los costos de las operaciones unitarias de acarreo y carguío aplicando la teoría de colas. Para ello, a partir de un modelo base construyen nuevos escenarios agregando cambios operacionales ligados a la posibilidad de realizar cambios en los turnos de cargado, variación en la posición de estacionamiento y cambio en el tipo de camiones. Finalmente, reducen 1.09% los costos mencionados logrando una mejora (ahorro) en la economía de la empresa. Este estudio aportó al presente trabajo con la comprensión de por qué considerar el impacto económico en la implementación de unidades de atención de servicio a fin de reducir colas de espera, además de darnos un alcance de cómo la magnitud o escala de operación industrial que desarrolla una compañía podría dimensionarse con posibles escenarios corto, mediano y largo plazo.

**Aguilar De la Cruz, Alan y Ilman Benavides, Danny (2020) – "Diseño de un sistema de simulación para reducir el tiempo de espera de las evaluaciones médicas MTC en el Centro Médico Meditran Perú E.I.R.L."**

Tras diseñar las unidades del flujo del proceso los autores obtienen una reducción de los tiempos planteados en el objetivo, los cuales inciden en un ahorro mensual de 35,400 soles para la organización. Este estudio aportó al presente trabajo con la comprensión de conocer cómo los autores proponen en su aplicación dos alternativas para la obtención de datos: a través de la revisión de documentación histórica de la empresa y mediante tomas de tiempo experimental.

**Palomino Gutiérrez, María (2020) – "Aplicación de teoría de colas en la simulación de escenarios para mejorar el tiempo de espera de los clientes del área Operaciones de una agencia bancaria en la ciudad de Trujillo"**

El autor para reducir el tiempo de espera de los clientes en la agencia bancaria en estudio, aplicando la teoría de colas, analiza la data histórica sobre el tiempo de servicio y su frecuencia. Determinando las tasas de arribo y de servicio y duplicando el número de servidores (de 2 a 4) obtiene una reducción del tiempo de espera de 43.21 a 6.64 minutos. Este estudio aportó al presente trabajo con la comprensión de cómo el autor plantea escenarios con diferente número de servidores para conseguir mejores resultados.

**Silva Chiroque, Nazario Angelo (2020) - "Uso de software Arena para la simulación de colas de las operaciones de carga y descarga del área de almacén del operador logístico ALCOSA"**

El modelo planteado por el autor, a través de la simulación de sistemas, ayudó a identificar la necesidad de modificar la configuración del horario de atención para redistribuir los recursos existentes. Finalmente, la mejor propuesta conlleva a configurar 4 recursos para el turno de la mañana y 1 para el turno de la tarde con un costo mensual total de S/ 24 342,21, el cual es menor al costo del sistema actual. Este estudio aportó al presente trabajo con la comprensión de cómo se

puede lograr la modelación de un sistema real y su comportamiento en distintos escenarios para mejorar su desempeño, tal como lo hace con la disminución de costos y el tiempo de espera de las unidades de transporte.

**Sucasaire Placencia, Humberto (2016) - "Aplicación de simulación de sistemas con el software Arena para la mejora de la toma de decisiones en los servicios de ecografía de una clínica de Medical Images SAC en el distrito de Los Olivos en Lima Metropolitana"**

El autor utiliza la Simulación de Sistemas para analizar distintos escenarios con determinado nivel de servicio y sin demoras. Este estudio aportó al presente trabajo con la comprensión de cómo la simulación de sistemas apoyándose de un software incorpora cambios en los distintos escenarios de los procesos de una clínica para para obtener mejoras en la reducción del tiempo de espera.

**Arista Arévalo, Jhoneel (2016) – "Aplicación de la teoría de colas al problema de atención al cliente para la optimización del número de cajeros en ventanillas en la organización BCP"**

El autor en su investigación pretender determinar el número óptimo de personal a contratar para la atención de las ventanillas de cajeros asignados en las distintas agencias de una entidad bancaria. A través de la Simulación de Sistemas y utilizando el software SIMIO determina que el costo óptimo de operación por hora para los clientes es de S/ 37.0864 considerando 5 servidores o cajeros. Con menos o más cajeros el costo será mayor. Este estudio aportó al presente trabajo con la consideración de una alternativa adicional de software especializado, distintos a ProModel y Arena, para analizar escenarios con las colas que permitan reducir el tiempo de atención a los clientes.

### 3.8.1.2 Fuentes internacionales

Por otro lado, abordaremos un panorama de las investigaciones internacionales en diversos sectores:

**Flores Tapia, Carlos y Flores Cevallos, Karla (2021) – "Aplicación de modelos de simulación a líneas de espera, riesgos e inventarios"**

En el presente artículo los autores formulan un modelo de simulación de eventos discretos en un banco incorporando un reloj para registrar los tiempos de los indicadores. Este estudio aportó al presente trabajo explicando cómo la simulación se apoya de herramientas informáticas especializadas para analizar escenarios que le faciliten el ahorro del tiempo de procesamiento evitando los costos de implementación en la organización.

**Linares Cos, Josué, Vitalta Alonso, José y Garza Ríos, Rosario (2020) – "La teoría de colas aplicada a una oficina comercial de telecomunicaciones"**

Los autores de la presente investigación aplicada en Cuba establecen metas de servicio de calidad fundamentados en un modelo de colas. Tras identificar en su análisis el tiempo de servicio como la variable de mayor correlación con el tiempo promedio en que los clientes permanecen en el sistema aplican la simulación de sistemas obteniendo una reducción del costo total de servicio. Este estudio aportó al presente trabajo con la perspectiva de cómo enfocar una propuesta de la cantidad óptima de servidores desde el punto de vista económico mostrando el valor esperado del costo total del servicio de acuerdo a las metas del servicio.

**Pérez Junco, Edna Yisell (2018) – "Simulación de un Modelo de Atención al Usuario en Confiterías"**

Esta investigación aplicada en una confitería de Colombia que tiene como objetivo proponer un modelo de simulación permite evaluar el comportamiento

de las colas para garantizar el buen nivel de atención de servicio. Se formulan escenarios y utilizando el software SIMIO se logra reducir el tiempo con el escenario de un sistema en paralelo con una cola por servidor. Este estudio aportó al presente trabajo con el punto de vista de cómo con distintos escenarios se obtienen resultados numéricos que ayudan a elegir un modelo de líneas de espera que mejor se adapte a la operación de un negocio, en este caso de la confitería.

**Jácome Moromenacho, Steeven Gabriel (2018) – "Implementación de un modelo de simulación de líneas de espera en una agencia de una institución bancaria del Ecuador"**

El autor formula un modelo de simulación de líneas de espera para asignar la cantidad necesaria de personal en el proceso de atención de cajas de una agencia del sistema financiero ecuatoriano. Se realiza la medición de tiempos con un cronómetro con la finalidad de estimar adecuadamente los tiempos de las variables de entrada (por ejemplo, los tiempos entre llegadas de los clientes a las cajas), los tiempos de procesamiento en cada línea de servicio y los tiempos de demora. Finalmente, con los resultados de la simulación se logra balancear la distribución del personal sin afectar la percepción de calidad de servicio. Este estudio aportó al presente trabajo con la perspectiva de cómo mejoran las cifras de los indicadores de gestión de la agencia bancaria con la utilización de la simulación de sistemas.

## 3.9 Metodología

### 3.9.1 Método de la investigación

Se utiliza el método de análisis porque el proceso de conocimiento del proceso ocurre con la identificación de cada una de las partes que caracterizan su realidad problemática.

Por otro lado, se utilizó el método científico para todo su desarrollo. Además, del método deductivo porque las conclusiones son obtenidas de forma explícita de los planteamientos o premisas.

### 3.9.2 Diseño de la investigación

Comprende dos tipos de diseño:

#### 3.9.2.1 No experimental

Porque modificaciones que se hacen a las variables consideradas en el trabajo se describen y se analizan con el propósito de recomendar acciones a la compañía.

#### 3.9.2.2 Documental

Porque el presente trabajo se apoya de textos bibliográficos con el propósito de profundizar el problema en estudio revisando casos similares de aplicación. Las fuentes que se utilizaron son: trabajos de investigación, tesis, libros y papers.

### 3.9.3 Carácter de la investigación

#### 3.9.3.1 Cuantitativa:

Porque a partir de un conjunto de datos se probará una hipótesis, basados en el uso de herramientas y análisis estadísticos.

### 3.9.4 Tipo de investigación

Tenemos los siguientes tipos:

#### 3.9.4.1 Descriptiva

Porque se describen los datos y características de la población o fenómeno en estudio.

#### 3.9.4.2 Explicativa

Porque tiene relación causal sobre todo en las variables, intentando encontrar las causas del problema en la investigación.

#### 3.9.4.3 Proyectiva

Porque consiste en la elaboración de una propuesta de modelo que nos brinde escenarios con diferentes situaciones de comportamiento para que así la Gerencia puede optar por el que más le conviene.

### 3.9.5 Procedimientos

#### 3.9.5.1 Técnicas

Se utilizan las siguientes técnicas:

##### 3.9.5.1.1 Observación

Ayuda a la recolección de datos a través de la observación directa del proceso y sistema analizados, en cada parte del proceso se determinan los tiempos entre arribos y de servicio.

##### 3.9.5.1.2 Entrevistas a los involucrados en el proceso y sistema

Permite identificar las actividades del proceso en el sistema además de validar los tiempos obtenidos con la toma de tiempos realizados en la Base de Operaciones Nuevo Mundo.

#### 3.9.5.2 Instrumentos

Se utilizan los siguientes instrumentos:

#### 3.9.5.2.1 Estudios de tiempo

Con los registros obtenidos en la toma de tiempos y con ayuda de herramientas estadísticas se obtuvieron registros de datos confiables. En el presente trabajo se utilizó Input Analyzer del software Arena versión 16.1.

#### 3.9.5.2.2 Software especializado

Se emplea para analizar los datos y generar los escenarios del modelo elaborado. El presente trabajo utilizó el software Arena versión 16.1.

#### 3.9.5.2.3 Bases de datos de la compañía

Información del proceso operativo de la compañía para analizar el proceso y sistema analizados. Pudimos disponer para fines educativos y didácticos, el registro de días de vuelos de pasajeros en helicópteros realizados en la base.

## 3.10 Bases teóricas

### 3.10.1 Sistema

“Es una colección de elementos organizados que interactúan juntos hacia el logro de un objetivo común. Se circunscribe a un sector de la realidad que es el objeto de estudio o interés” (Torres, 2016, p. 21).

### 3.10.2 Relación entre proceso y sistema

#### 3.10.2.1 Proceso

“Es un conjunto de operaciones, actividades o tareas que crean una salida (output), con base en una o más entradas (input)” (Torres, 2016, p. 21).

#### 3.10.2.1 Sistema

“Es un conjunto de elementos usados para ejecutar un proceso, para lo cual requiere, además, recursos y controles. Así, un sistema comprende un proceso,

pero también incluye los recursos y los controles para poder realizar el proceso." (Torres, 2016, p.22).

**Figura N°6**

*Representación de sistema*




**Fuente:** Simulación de sistemas con el software Arena – Pedro Torres

### 3.10.3 Elementos de un sistema

#### 3.10.3.1 Entidades

Son los ítems que transitan por el sistema para ser procesados o recibir un servicio. Las entidades se pueden caracterizar por el costo, el orden, la prioridad, el estatus, entre otros factores. Se clasifican en tres tipos:

- Humanos o animados: clientes de un supermercado, pacientes de una clínica.
- Inanimados: productos, piezas, documentos.
- Intangibles: llamadas telefónicas, correos electrónicos, proyectos. (Torres, 2016, p. 22).

#### 3.10.3.2 Actividades

De acuerdo a Torres (2016) son las tareas que se realizan en un sistema; pueden estar involucradas directa o indirectamente en el procesamiento de las entidades. Las actividades tienen una duración y por lo general involucran el uso de recursos. Se pueden clasificar en:

- Proceso de entidades: corte de una pieza, servicio a clientes.
- Movimiento de entidades y de recursos: transporte en un elevador.
- Ajuste, mantenimiento y reparación de recursos: configurar una máquina. (Torres, 2016, p. 22).

### 3.10.3.3 Recursos

Son los medios para poder ejecutar las actividades. Proveen el soporte de máquinas, equipos, personal y facilidades en general, para llevar a cabo las actividades. Pueden ser:

- Humanos o animados: operadores, personal de mantenimiento.
- Inanimados: equipos, herramientas, dinero, espacio de almacenamiento.
- Intangibles: información, tiempo, energía eléctrica. (Torres, 2016, p. 23).

### 3.10.3.4 Controles

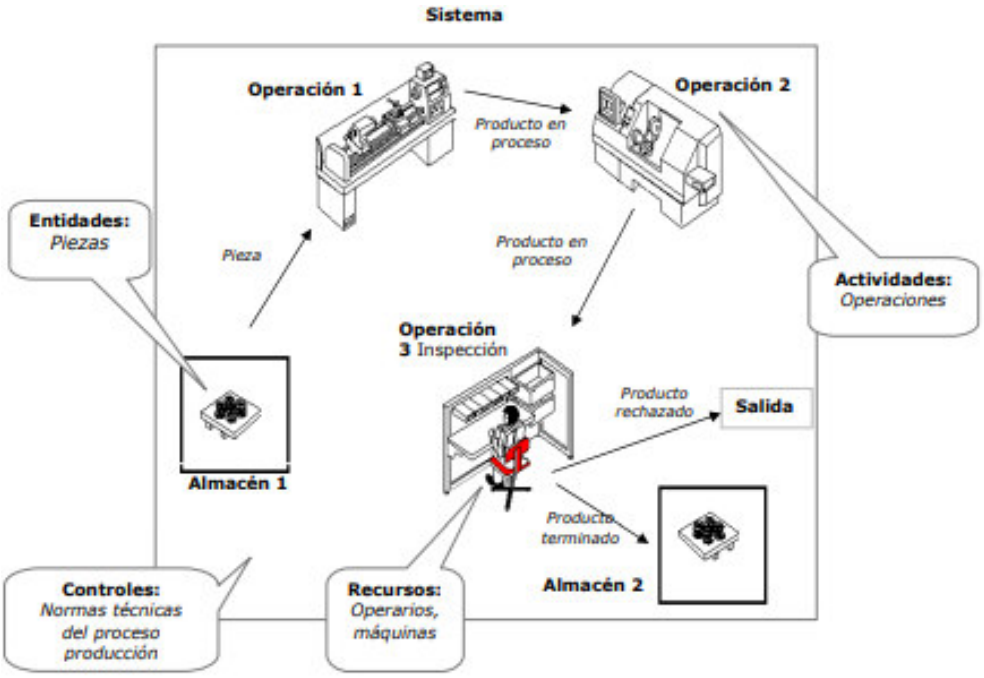
Los controles gobiernan cómo, cuándo y dónde son ejecutadas las actividades; también determinan las acciones que se deben tomar cuando cierto evento o condición ocurre. Ejemplos:

- Inicio y fin de la ejecución de las actividades.
- Priorización y secuenciación de actividades.
- Programas de producción.
- Programas de mantenimiento. (Torres, 2016, p. 23).

A continuación, en la figura N°7 tenemos la representación de todos los elementos de un sistema:

**Figura N°7**

*Elementos de un sistema*




**Fuente:** Simulación de sistemas con el software Arena – Pedro Torres

### 3.10.4 Complejidad de un sistema

Un sistema se hace complejo básicamente por el número y tipos de entidades, actividades, recursos y controles que lo componen; de tal forma que el sistema se hace difícil de analizar. Esta complejidad es función de dos factores:

#### 3.10.4.1 Interdependencia

Cada elemento del sistema afecta a otros elementos. Ejemplo: Cuando se produce un tiempo muerto en una máquina debido a una falla, entonces el personal de mantenimiento se pone en acción para repararla.

#### 3.10.4.2 Variabilidad

Existe variabilidad en el comportamiento de los elementos del sistema que produce incertidumbre. La variabilidad es inherente a cualquier sistema comprendido por personas o máquinas. Ejemplos:

- La incertidumbre en las entregas de los proveedores.
- El comportamiento aleatorio en las fallas en los equipos.
- Ausentismo impredecible de los obreros.

- Fluctuaciones en la demanda.

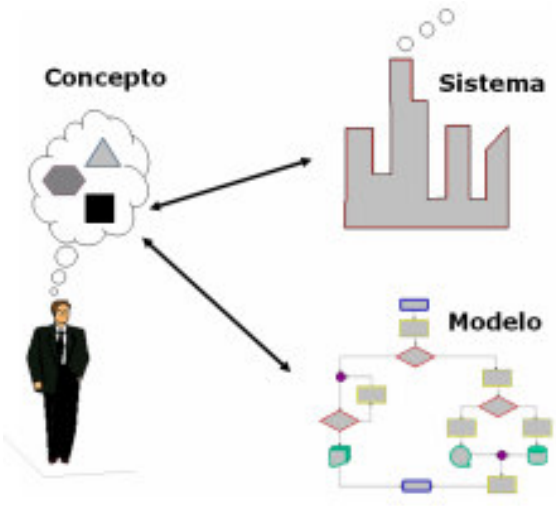
Todos estos ejemplos se combinan y generan estragos en las operaciones de planeamiento de los sistemas.

### 3.10.5 Modelo

Desde la perspectiva de un sistema, un modelo podría definirse como una representación simplificada del sistema y sus relaciones, tales relaciones causan efecto, relaciones de flujo y relaciones del espacio. El propósito del modelado de sistemas es entender, predecir, controlar y mejorar el comportamiento o desempeño del sistema. El modelado de sistemas es arte y ha sido ejercido por el hombre durante siglos, la historia nos da muchos ejemplos de ello. El proceso de modelado comienza con el estudio y análisis del actual sistema, con el propósito de desarrollar un concepto de cómo trabaja el sistema nuevo o el ya existente. Este concepto es traducido en el modelo que es utilizado para evaluar dicho concepto.

**Figura N°8**

*Representación de un modelo*




**Fuente:** Simulación de sistemas con el software Arena – Pedro Torres

Los modelos han sido clasificados de muchas maneras; sin embargo, podemos mencionar algunos tipos como los denominados modelos simbólicos

representados por los diagramas de flujo, los modelos analíticos o fórmulas matemáticas que producen resultados cuantitativos, y los modelos de simulación capaces de reproducir el mismo comportamiento que ocurre en el sistema actual. Un modelo de simulación debería ser visto esencialmente como una herramienta "Qué pasa si", que permite al diseñador experimentar con diseños alternativos y estrategias para ver el impacto que aquellas decisiones tienen en el sistema global.

### 3.10.6 Simulación de sistemas

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. La simulación evalúa con precisión el desempeño de un sistema por complejo que este sea. Es evaluadora y no generadora de soluciones, es decir que no produce una solución óptima, sino, por el contrario, es una herramienta de evaluación que nos orienta hacia la mejor solución. (Torres, 2016, p. 25).

La simulación de sistemas es una herramienta de la Investigación Operativa que apoya en la toma de decisiones a través del planteamiento y prueba de escenarios múltiples, para así elegir la mejor alternativa, cabe recalcar que no es una herramienta de optimización.

Entre sus aplicaciones en la industria tenemos:

- Análisis y reducción del tiempo de ciclo
- Análisis de cuellos de botella
- Mejoramiento de la productividad
- Programación de recursos
- Programas de mantenimiento
- Balance de líneas, entre otros.

#### 3.10.6.1 Características

Entre las principales características tenemos:

- Capta la interdependencia que existe entre los elementos del sistema.
- Considera la variabilidad en el sistema.
- Es suficientemente versátil para modelar cualquier sistema.
- Muestra el comportamiento del sistema dinámico.
- Provee información estadística sobre múltiples indicadores de desempeño.
- Se ejecuta en tiempo comprimido, tiempo real o tiempo retardado.
- Los resultados son visuales y cuantitativos. (Torres, 2016, p. 26).

### 3.10.6.2 Ventajas y desventajas

Como principal ventaja es una herramienta útil para conocer en qué nivel influye un cambio en los procesos del sistema, sin necesidad que sucedan en la realidad, además del costo, debido a que es más económico plantear una propuesta de solución que realizarlo directamente en el sistema Como principal desventaja, demanda mucho tiempo para realizar un buen estudio de simulación, generalmente los analistas no tienen esa disposición para esperar un resultado, además de la simulación no es una herramienta de optimización.

### 3.10.7 Fases de un proyecto de simulación

(Torres Pedro, 2016, p.34) El proyecto de simulación requiere un planeamiento, coordinación y un entendimiento de los requerimientos de cada una de las tareas involucradas. Se recomiendan las siguientes etapas:

a) **Definir el problema, los objetivos y los requerimientos:** Es importante definir el problema entendiendo su contexto, identificando los objetivos que definen la razón y el propósito para llevar a cabo el proyecto de simulación. El objetivo de la simulación debe ser realista y factible de ser ejecutado, y sus requerimientos deben definirse en términos de recursos, tiempo y presupuesto.

b) **Diseño del modelo conceptual:** En esta etapa, el modelador debe traducir el sistema del mundo real en un modelo conceptual. En el diseño

del modelo conceptual se debe establecer la lógica de las operaciones en el modelo en términos de los elementos estructurales del sistema y del flujo de entidades que pasarán a través del sistema.

c) **Obtención y análisis estadístico de los datos para el modelo:** Luego de haber identificado los requerimientos de los datos, entonces se procede a su obtención para que sean utilizados durante la etapa de construcción del modelo.

d) **Construcción del modelo de simulación:** En esta etapa el modelador debe traducir el modelo conceptual en un modelo de simulación que se prepara en la computadora y se basa en las reglas del sistema seleccionado, por ejemplo, los softwares Arena, ProModel, etcétera.

e) **Verificación del modelo:** Se determina si el modelo de simulación construido refleja correctamente el modelo conceptual diseñado. Es decir, después de haber terminado la construcción del modelo es necesaria la comprobación, la confirmación de que el modelo trabaja correctamente.

f) **Validación del modelo:** Se determina si el modelo conceptual rediseñado refleja correctamente el sistema real. La validación es un proceso racional en el cual el modelador traza conclusiones acerca de la precisión del modelo, basado en alguna evidencia disponible.

g) **Diseño del experimento de simulación, ejecución y análisis estadístico:** En esta etapa se planea qué es lo que se desea saber. Mediante los experimentos de simulación obtendremos las respuestas de una manera precisa y eficaz.

h) **Entrega de documentación y presentación de resultados:** En esta etapa se hacen las recomendaciones para mejorar el sistema real sobre la base de los resultados del modelo de simulación, las cuales deben ser alcanzadas mediante un informe o reporte final.

### 3.10.8 Software especializado utilizado

El presente trabajo utilizó el software Arena versión 16.1. Este software surgió con el propósito de modelar sistemas de manufactura en una computadora a

propuesta de Dennis Pedgen en 1982. Arena, es un software de automatización y simulación de eventos discretos, dentro del cual el usuario construye un modelo experimental, que generalmente se encuentra representado por procesos. Para toda empresa, que desea realizar un cambio, ello es un sinónimo de gasto. Generalmente los cambios dentro de un área pueden afectar a otras. Lo que realiza este software de simulación es evaluar las consecuencias de dichos cambios antes de proceder a tomar una decisión. Algunas de sus principales ventajas son:

- Herramienta eficaz de simulación, constantemente recibe actualizaciones oficiales.
- Cualquier usuario puede aventurarse a usarlo, está diseño para personas que no tienen tantos conocimientos en programación
- Las acciones para corregir, o modificar son sencillas.
- Muestra la posibilidad de poder ver los resultados de una manera gráfica y de buena calidad.
- Puede modelar diversos tipos de sistemas.
- Posee compatibilidad con Microsoft Office, debido a su gran similitud en sus barras de herramientas y menú.

### 3.10.8.1 Cálculo del número de corridas de simulación

Debido a la naturaleza probabilística de los sistemas de simulación, es imprescindible crear modelos que reflejen la realidad del sistema, al menos estadísticamente, con el fin de no cometer errores, ya que uno de los factores principales que define a nuestro modelo es el tamaño de las corridas de simulación para optar por un modelo válido y aceptable.

En forma general, el número adecuado de corridas o repeticiones de simulación se calcula mediante:

$$N = \left[ \frac{Z_{(1-\alpha/2)} * S_{(n)}}{e} \right]^2 \qquad \mathbf{n > 30}$$

Donde:

N: Número de réplicas que el modelo necesita para alcanzar un nivel de confianza deseado

n: Muestra preliminar (número de réplicas preliminares)

$S_{(n)}$: Valor estimado de la desviación estándar, en base a la muestra preliminar n

e: Es la mitad del ancho del intervalo de confianza para μ (Half Width). Es un factor de precisión, representa el error entre la medida estimada X(n) y la media verdadera μ (media teórica), que estamos dispuestos a tolerar.

$Z_{(1-\alpha/2)}$: Es un valor de tabla de la distribución Normal, α es la probabilidad que el error entre la media estimada $X_{(n)}$ y la media verdadera μ excederá en una cantidad específica "e".

### 3.10.8.2 Factor de precisión (Half Width)

Este factor representa la mitad del ancho del intervalo de confianza y representa un factor de precisión.

$$\text{Half Width} = (L_S - L_I) /2$$

Donde:

$L_S$: Límite superior del intervalo de confianza

$L_I$: Límite inferior del intervalo de confianza

A menor número de corridas mayores son el riesgo de y el ancho del intervalo. Una manera de reducir el intervalo de confianza es aumentar el número de corridas, esto es, a mayor número de corridas mayor precisión y menor Half-Width.

### 3.10.9 Definiciones de términos

Para apoyar la explicación del contenido de la presente investigación se precisan los siguientes términos:

- **Pasajero o usuario:** Es una persona que realiza actividades para la compañía y es quien se presenta en la sala de embarque para registrarse y viajar desde la Base Nuevo Mundo hacia una locación. Por lo general, es un trabajador, visitante, miembro de la comunidad, entre otros.
- **FBO (Fixed Base Operator):** Conocido también como “Operador de base fija” por sus siglas en inglés. Es la persona u operador que se encarga de registrar en el counter a todos los pasajeros que viajarán a alguna locación desde Base Nuevo Mundo, en otras palabras, es la persona que realiza el check in dentro de la sala de embarque de los helipuertos.
- **Sala de embarque:** Es el lugar donde acuden los pasajeros que tienen programado viajar desde la Base Nuevo Mundo hacia alguna locación, se ubica cerca a los helipuertos y es donde los pasajeros realizan su check in. Aquí se les pesa junto a la carga que movilizan.
- **Check in:** Es la acción de registro realizado por cada pasajero ante el FBO o encargado del counter. Comprende presentar su documento nacional de identidad (DNI) y realizar el pesaje de carga personal del pasajero (maleta o bulto).
- **Manifiesto de pasajeros:** Es el documento donde se encuentran registrados todos los pasajeros que viajarán en determinado vuelo. Contiene: nombre completo del pasajero, número del DNI y el peso del pasajero.

### 3.10.10 Procedimiento

El desarrollo comprenderá los siguientes pasos a seguir:

1. Análisis del comportamiento de la empresa
2. Identificación de la congestión en el sistema analizado.
3. Revisión del registro de datos obtenido de la situación actual.
4. Procesamiento de información del registro de datos obtenido
5. Definición de alternativas de escenarios
6. Definición del modelo de simulación
7. Validación del modelo de simulación en el software

**1. Análisis del comportamiento de la empresa**

Las operaciones logísticas que se realizan en la Base de Operaciones Nuevo Mundo comprenden operaciones de transporte terrestre, fluvial y aéreo (tanto de aviones como de helicópteros). Para el caso del transporte aéreo en helicópteros tenemos dos tipos: transporte de pasajeros y transporte de cargas externas. Para el transporte de pasajeros, se ejecutan los vuelos desde la base de operaciones Nuevo Mundo (origen) hacia las distintas locaciones (destinos), para ello los pasajeros deben registrarse previamente en la sala de embarque de la zona de helipuertos. Este registro (check in) de pasajeros comprende el pesaje del pasajero y su equipaje y se realiza de acuerdo al orden de llegada del pasajero al counter. Estas condiciones ocasionan colas de pasajeros mientras esperan a ser registrados en el counter, el cual se ubica dentro de la sala de embarque. Este proceso es de mucho interés para la compañía por la cantidad de trabajadores que se deben trasladar a las locaciones desde la base de operaciones Nuevo Mundo. Actualmente sólo se tiene un counter y el tiempo de permanencia de los pasajeros en la zona de helipuertos es muy significativo, por lo cual se pretende reducirlo para agilizar la salida de los vuelos de helicóptero con pasajeros.

En la Figura N°9 se puede ver una representación del “proceso de registro (check in) de pasajeros en el counter”, que se realiza en la sala de embarque en la zona de los helipuertos.

**Figura N°9**

*Zona de helipuertos y Flujo de pasajeros en la Base Nuevo Mundo*




**Fuente:** Elaboración propia

## 2. Identificación de la congestión en el sistema

Basado en el análisis del comportamiento del sistema se ha detectado que el problema se encuentra en la zona de helipuertos, en la sala de embarque donde se realiza el registro de pasajeros que viajarán en helicóptero a las locaciones (destinos) desde la Base de Operaciones Nuevo Mundo (origen). Por lo tanto, será este el sector donde enfocaremos el análisis y la aplicación de la simulación de sistemas para observar y validar que se desea plantear con el simulador.

## 3. Revisión del registro de datos obtenido de la situación actual

La compañía brindó las facilidades para hacer una toma de tiempos mediante un trabajo de campo. Dicho registro de 120 datos obtenidos refiere a los tiempos entre arribos de pasajeros y de atención en el Almacén de EPP y en la sala de embarque se muestra a continuación:

**Tabla N°1**

*Toma de tiempos realizada en la Base de Operaciones Nuevo Mundo*

| | | | | ALMACEN | | COUNTER | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° toma de tiempo | FECHA | T. ENTRE ARRIBOS (segundos) | T. ENTRE ARRIBOS (minutos) | T. SERVICIO (segundos) | T. SERVICIO (minutos) | T. SERVICIO (segundos) | T. SERVICIO (minutos) |
| 1 | 3/04/2021 | 50 | 0.833 | 38 | 0.633 | 92 | 1.533 |
| 2 | 3/04/2021 | 46 | 0.767 | 40 | 0.667 | 120 | 2.000 |
| 3 | 3/04/2021 | 36 | 0.600 | 48 | 0.800 | 110 | 1.833 |
| 4 | 3/04/2021 | 44 | 0.733 | 47 | 0.783 | 108 | 1.800 |
| 5 | 3/04/2021 | 44 | 0.733 | 50 | 0.833 | 131 | 2.183 |
| 6 | 8/04/2021 | 39 | 0.650 | 45 | 0.750 | 87 | 1.450 |
| 7 | 8/04/2021 | 54 | 0.900 | 34 | 0.567 | 107 | 1.783 |
| 8 | 8/04/2021 | 42 | 0.700 | 40 | 0.667 | 103 | 1.717 |
| 9 | 8/04/2021 | 49 | 0.817 | 45 | 0.750 | 105 | 1.750 |
| 10 | 8/04/2021 | 39 | 0.650 | 36 | 0.600 | 94 | 1.567 |
| 11 | 15/04/2021 | 36 | 0.600 | 50 | 0.833 | 123 | 2.050 |
| 12 | 15/04/2021 | 46 | 0.767 | 30 | 0.500 | 94 | 1.567 |
| 13 | 15/04/2021 | 36 | 0.600 | 44 | 0.733 | 135 | 2.250 |
| 14 | 15/04/2021 | 50 | 0.833 | 46 | 0.767 | 104 | 1.733 |
| 15 | 15/04/2021 | 36 | 0.600 | 44 | 0.733 | 116 | 1.933 |
| 16 | 24/04/2021 | 35 | 0.583 | 33 | 0.550 | 118 | 1.967 |
| 17 | 24/04/2021 | 37 | 0.617 | 44 | 0.733 | 105 | 1.750 |
| 18 | 24/04/2021 | 53 | 0.883 | 50 | 0.833 | 94 | 1.567 |
| 19 | 24/04/2021 | 48 | 0.800 | 40 | 0.667 | 92 | 1.533 |
| 20 | 24/04/2021 | 49 | 0.817 | 36 | 0.600 | 86 | 1.433 |
| 21 | 1/05/2021 | 48 | 0.800 | 34 | 0.567 | 114 | 1.900 |
| 22 | 1/05/2021 | 38 | 0.633 | 39 | 0.650 | 127 | 2.117 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 120 | 30/09/2021 | 43 | 0.7167 | 39 | 0.6500 | 85 | 1.4167 |

**Fuente:** Elaboración propia

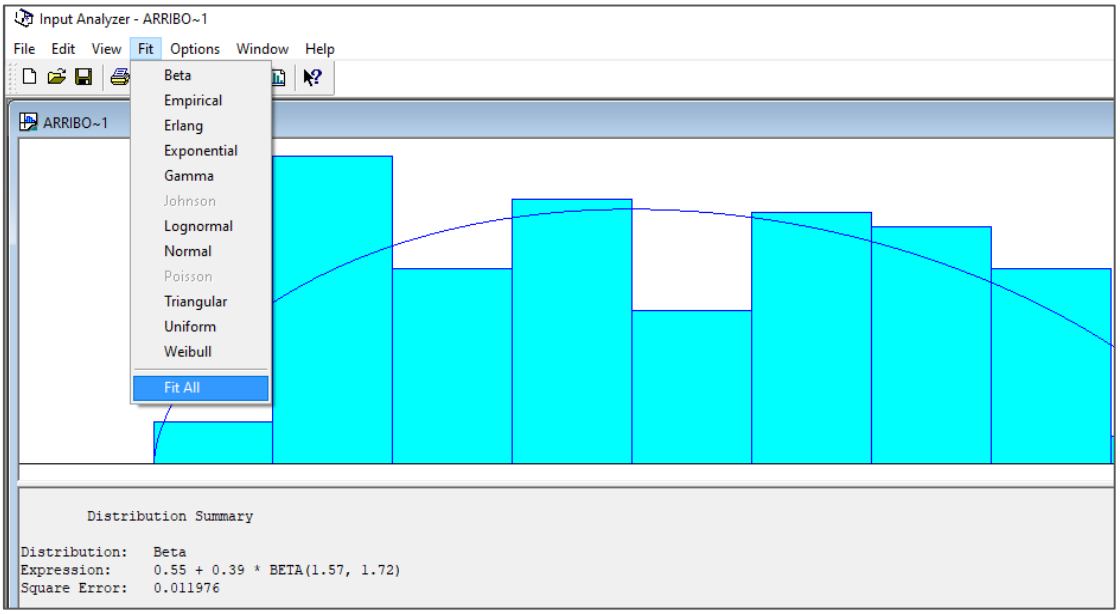
## 4. Procesamiento de información del registro de datos obtenido

Luego de obtener el registro de datos en el lugar de trabajo, se procede a depurar los datos a fin de conseguir información sin desviaciones para calcular las correctas distribuciones de probabilidad.

Para tal fin utilizaremos la opción Input Analyzer del software Arena para analizar los errores al cuadrado de las distintas distribuciones estadísticas para elegir la mejor opción, además de diferenciar entre otras distribuciones. A continuación, analizamos el tiempo entre llegadas del atributo (pasajeros):

**Figura N°10**

*Distribución de probabilidad de tiempo entre arribos de pasajeros antes del ajuste*

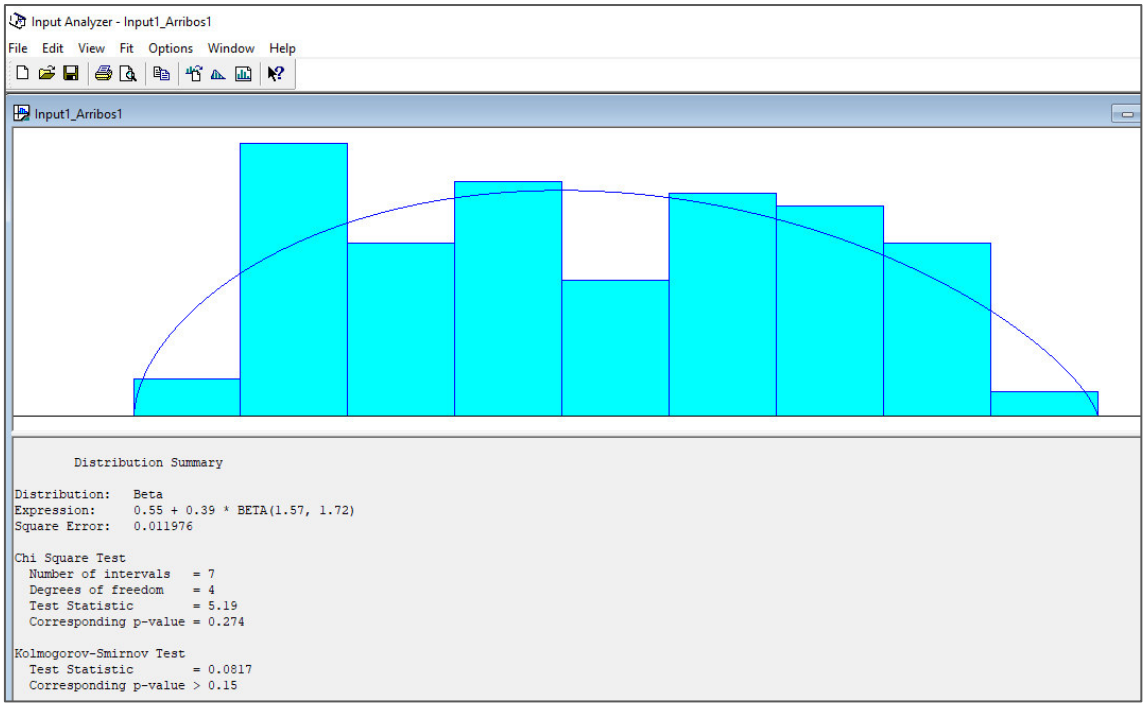



**Fuente:** Elaboración propia

Luego de realizar el ajuste tenemos:

**Figura N°11**

*Tiempo entre llegadas de los pasajeros*




**Fuente:** Elaboración propia en software Arena con datos de campo

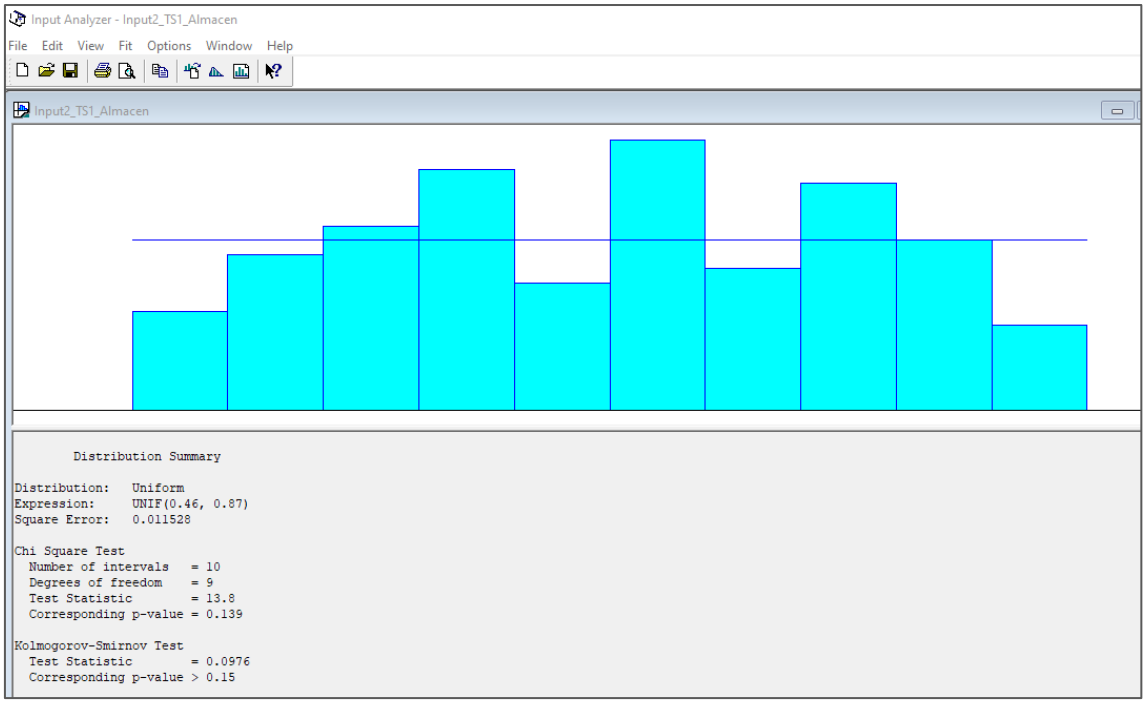
Según la figura N°12, el Input Analyzer del software Arena realiza la prueba de hipótesis ajustando los datos que pasan la prueba estadística Xi-Cuadrado con un p-value > 0.05, con lo cual la distribución estadística para el tiempo entre llegadas será una Beta que tiene la siguiente expresión:

$$F(x) = 0.55 + 0.39 * \beta(1.57,1.72)$$

De la misma forma, utilizando la herramienta Input Analyzer del software Arena 16.1 analizamos y ajustamos el tiempo de servicio del primer recurso (almacén de EPP) y el tiempo de servicio del segundo recurso (sala de embarque), en la zona de helipuertos, tenemos:

**Figura N°12**

*Tiempo de servicio en el Almacén de EPP*



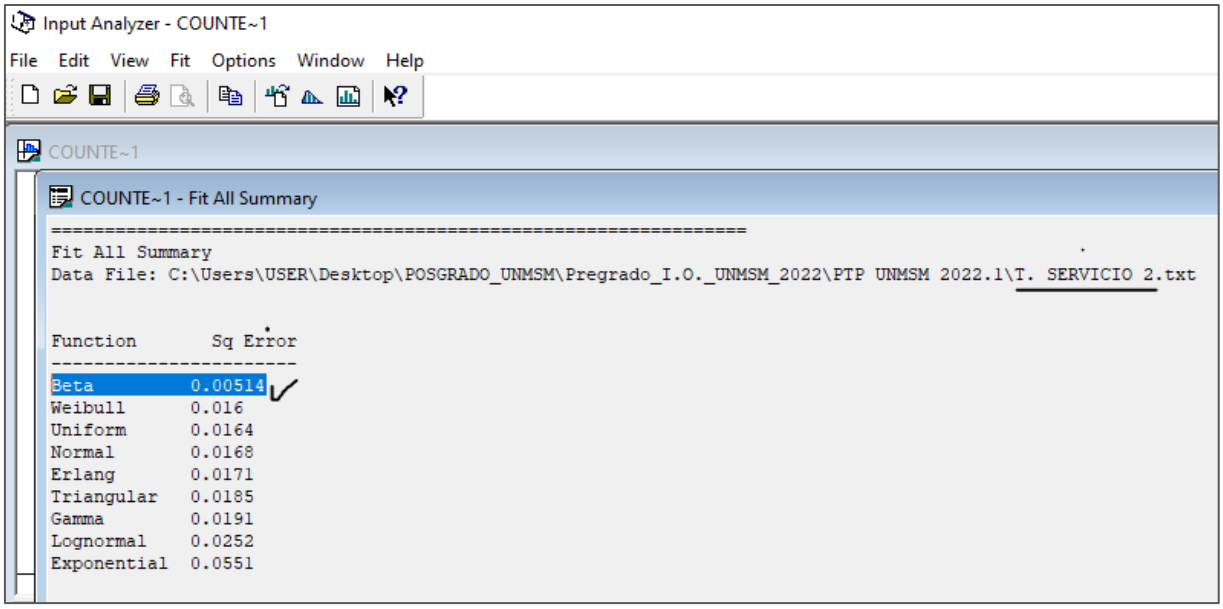

**Fuente:** Elaboración propia en software Arena con datos de campo

Según la figura N°13, el Input Analyzer del software Arena realiza la prueba de hipótesis ajustando los datos que pasan la prueba estadística Xi-Cuadrado con un p-value > 0.05, con lo cual la distribución estadística para el tiempo de servicio en el almacén de EPP será una Uniforme y tiene la siguiente expresión:

$$X \sim Unif\ (0.46,0.87)$$

**Figura N°13**

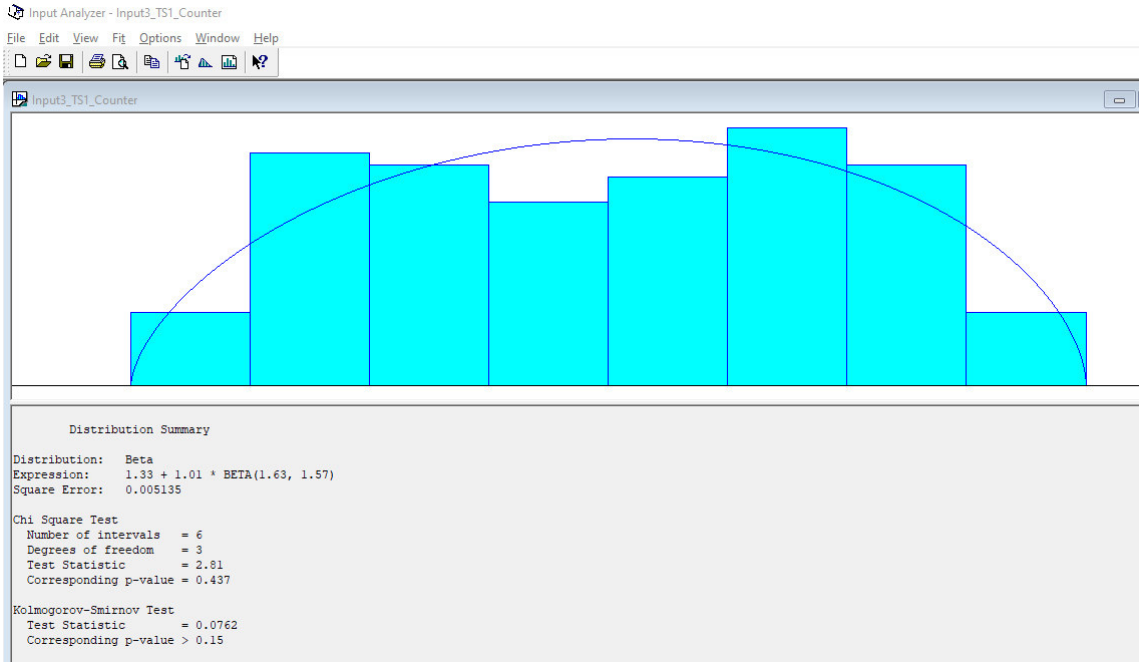
*Distribución de probabilidad de tiempo de servicio de la sala de embarque*




**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°15**

*Tiempo de servicio en la Sala de Embarque*




**Fuente:** Elaboración propia en software Arena con datos de campo

Según la figura N°15, el Input Analyzer del software Arena realiza la prueba de hipótesis ajustando los datos que pasan la prueba estadística Xi-Cuadrado con un p-value > 0.05, con lo cual la distribución estadística para el tiempo de servicio en la Sala de embarque será una Beta que tiene la siguiente expresión:

$$F(x) = 1.33 + 1.01 * \beta(1.63,1.57)$$

**5. Definición de alternativas de escenarios**

Previo a esto, describiremos las principales locaciones (destinos) a donde los trabajadores viajan en helicóptero desde la Base de Operaciones Nuevo Mundo (origen), la cuales se aprecian en la siguiente tabla:

**Tabla N°2**

*Principales destinos de los trabajadores que viajan en helicóptero*

| Destinos de pasajeros | | |
|---|---|---|
| **Sagari** | **Mashira** | **Otros** |
| 40% | 30% | 30% |

**Fuente:** Elaboración propia

Sobre lo anterior, hemos establecido los siguientes escenarios a simular:

**Tabla N°3**

*Escenarios a analizar*

| **Escenarios** | | **Escenario 0 (Situación actual)** | **Escenario 1** | **Escenario 2** |
|---|---|---|---|---|
| **Almacén de EPP** | | 1 | 1 | 1 |
| **Sala de embarque** | **Counter #1** | 1 | 1 | 1 |
| | **Counter #2** | 0 | 1 | 1 |
| | **Cola #1** | 1 | 1 | 1 |
| | **Cola #2** | 0 | 0 | 1 |

**Fuente:** Elaboración propia

De la Tabla anterior, podemos interpretar lo siguiente:

El *"Escenario 0* (*Situación actual)"* representa la situación en que 1 encargado atiende entregando los EPP a los pasajeros en el Almacén de EPP, seguidamente los pasajeros (que viajan a todos los destinos) se dirigen a la Sala de Embarque y hacen 1 sola cola (Cola #1) para ser todos atendidos por el Counter #1 (un solo Counter).

El *"Escenario 1"* representa la situación en que 1 encargado atiende entregando los EPP a los pasajeros en el Almacén de EPP, seguidamente los pasajeros (que viajan a todos los destinos) se dirigen a la Sala de Embarque y forman 1 sola cola (Cola #1) la cual es atendida por dos counters: Counter #1 (los que viajan a Sagari) y Counter #2 (los que viajan a Mashira y otros destinos).

El *"Escenario 2"* representa la situación en que 1 encargado atiende en el Almacén de EPP entregando los EPP a los pasajeros, seguidamente estos pasajeros se dirigen a la Sala de Embarque y se ordenan formando 2 colas: 1 cola (Cola #1) con los pasajeros que viajan a Sagari la cual es atendida por el Counter #1, y la otra cola de pasajeros (Cola #2) que viajan a Mashira y otros destinos la cual es atendida por el Counter #2.

## 6. Definición del modelo simulación

Para ello definimos la población y muestra:

- **Población:** Todos los pasajeros que viajan en helicóptero desde la Base de operaciones Nuevo Mundo hacia las locaciones.
- **Muestra:** Los pasajeros que viajan en helicóptero desde la Base de operaciones Nuevo Mundo hacia las locaciones entre abril y setiembre del 2021.

### 6.1 Cálculo del número de corridas de simulación

Con el fin de no cometer errores, determinaremos el número o tamaño de corridas de la simulación para optar por un modelo válido y aceptable, esto es, para alcanzar un nivel de confianza deseado. En otras palabras, si deseamos

obtener valores o mediciones estadísticamente validas, debemos realizar varias corridas independientes con distintos números aleatorios que generarán distintos valores de las distribuciones muestreadas.

Mediante la ejecución de varias corridas se obtienen respuestas independientes y valores medios de los resultados que se muestrean, así como la varianza y la desviación estándar que miden la dispersión de la variable aleatoria. El intervalo de confianza nos proporciona un grado de seguridad que podemos tener de la estimación, es decir, de la media del conjunto de respuestas.

Para obtener el factor de precisión y otros valores consideramos:

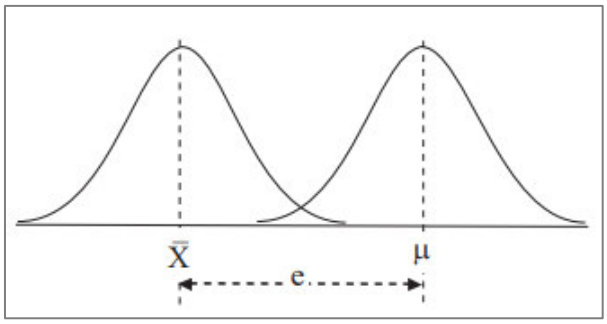
Nivel de confianza (alfa) = $\alpha = 0.05$

$Z(1- \alpha/2) = 0.975$

Error deseado (margen de error) = e = 3

**Figura N°16**

*Factor de precisión*

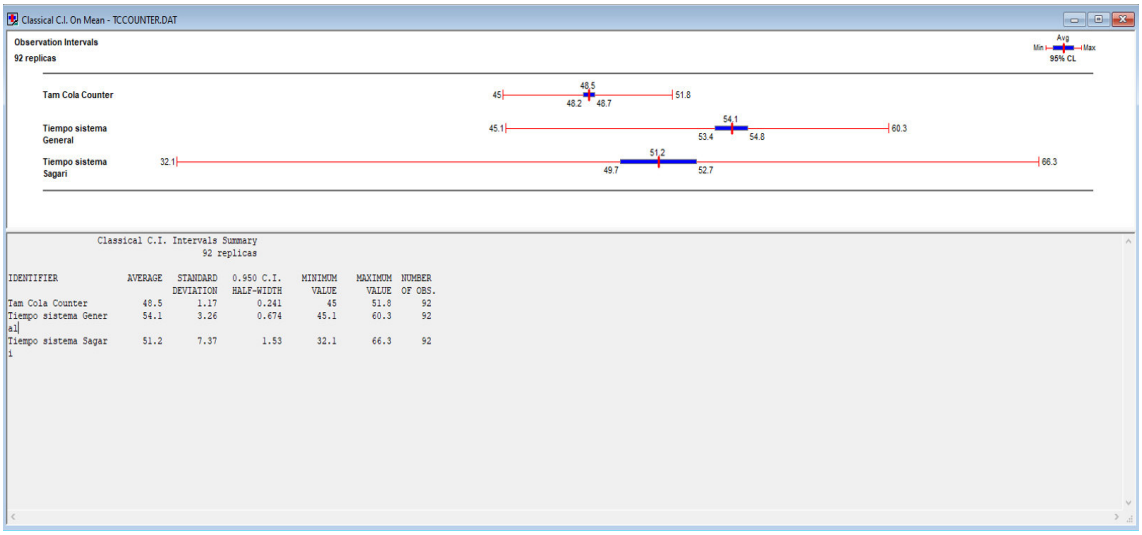



**Fuente:** Elaboración propia

Así, mediante el Output Analyzer del software Arena podemos obtener el factor de precisión y otros valores para los diferentes parámetros (desviación estándar, valor mínimo, etc.), los cuales se muestran en la Tabla N°4:

**Figura N°17**

*Factor de precisión*




**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla N°4:**

*Cálculo del número de corridas "N"*

| Indicador | AVERAGE (Promedio) | STANDARD DEVIATION | 0.950 C.I. HALF-WIDTH | MINIMUM VALUE | MAXIMUM VALUE | NUMBER OF OBS. | Error 3%Media | N* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tamaño de Cola en Counte | 48.7 | 1.33 | 0.498 | 45 | 51.8 | 30 | 1.461 | 4 |
| Tiempo sistema 'General' | 53.4 | 3.1 | 1.16 | 47.6 | 60.3 | 30 | 1.602 | 15 |
| Tiempo sistema Sagari | 51.7 | 7.3 | 2.73 | 37.8 | 66.3 | 30 | 1.551 | 86 |

| Indicador | AVERAGE (Promedio) | STANDARD DEVIATION | 0.950 C.I. HALF-WIDTH | MINIMUM VALUE | MAXIMUM VALUE | NUMBER OF OBS. | Error 3%Media | N* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tamaño de Cola en Counte | 48.5 | 1.18 | 0.253 | 45 | 51.8 | 86 | 1.455 | 3 |
| Tiempo sistema 'General' | 54.3 | 3.2 | 0.686 | 45.1 | 60.3 | 86 | 1.629 | 15 |
| Tiempo sistema Sagari | 51.4 | 7.51 | 1.61 | 32.1 | 66.3 | 86 | 1.542 | 92 |

| Indicador | AVERAGE (Promedio) | STANDARD DEVIATION | 0.950 C.I. HALF-WIDTH | MINIMUM VALUE | MAXIMUM VALUE | NUMBER OF OBS. | Error 3%Media | N* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tamaño de Cola en Counte | 48.5 | 1.17 | 0.241 | 45 | 51.8 | 92 | 1.455 | 3 |
| Tiempo sistema 'General' | 54.1 | 3.26 | 0.674 | 45.1 | 60.3 | 92 | 1.623 | 16 |
| Tiempo sistema Sagari | 51.2 | 7.37 | 1.53 | 32.1 | 66.3 | 92 | 1.536 | 89 |

**92** ES EL "N" MÍNIMO DE RÉPLICAS

**Fuente:** Elaboración propia

El número de corridas "N" = 92 porque según la teoría planteada por Torres (2016), para cada escenario en todas las variables se cumple:

Half-Width < Margen de error medio

Por ejemplo, para el Tiempo en el sistema del pasajero que va a Sagari su Half-Width es de 1.53 < 1.536 que representa el error medio. El tiempo promedio en el sistema de un pasajero que viajará a Sagari es de 51.2 minutos, el tiempo mínimo que pasa en el sistema es 32.1 minutos y el tiempo máximo que pasa en ese mismo sistema es 66.3 minutos.

**Tabla N°5:**

*Indicadores obtenidos tras calcular el número de corridas "N"*

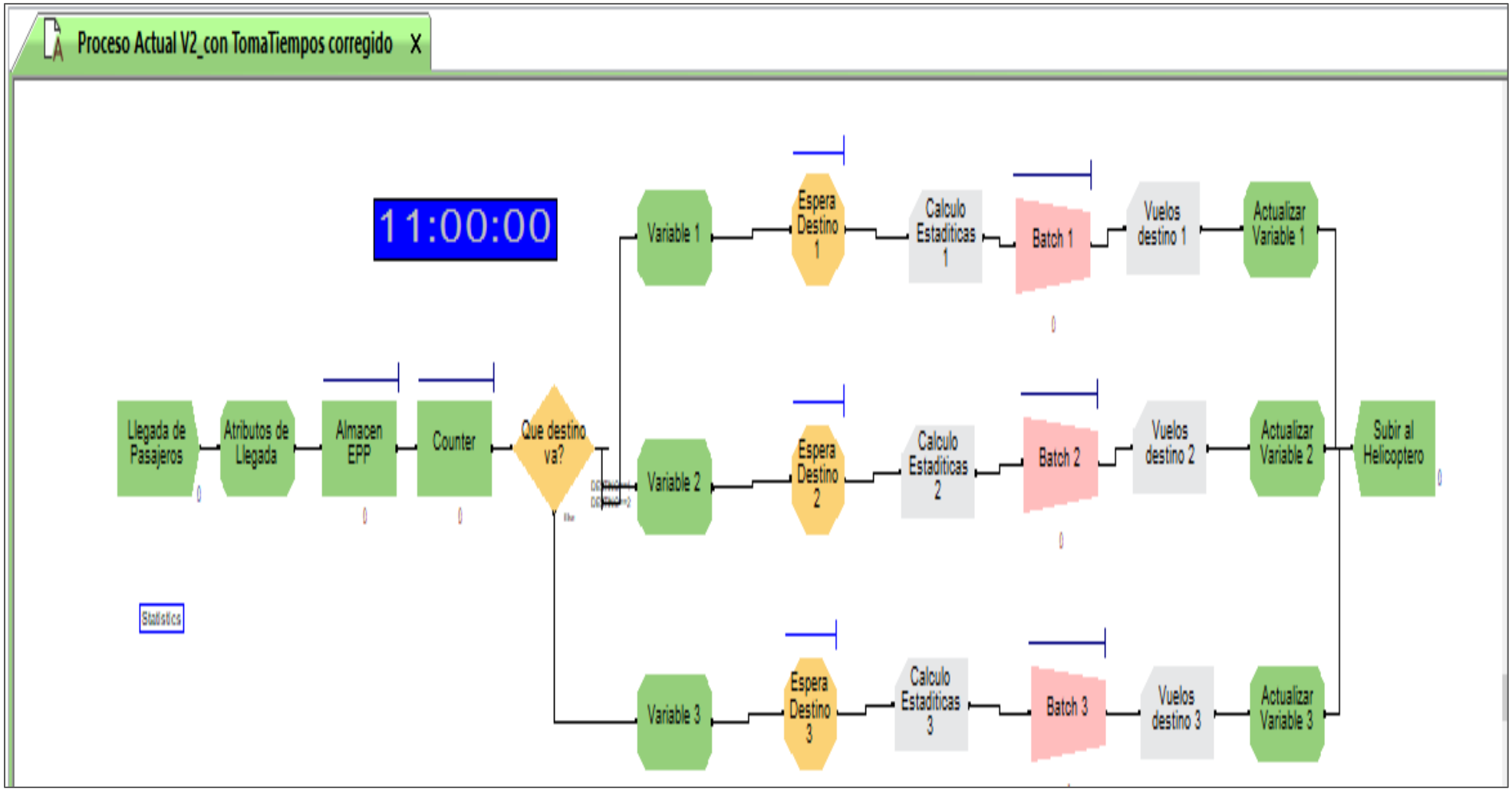


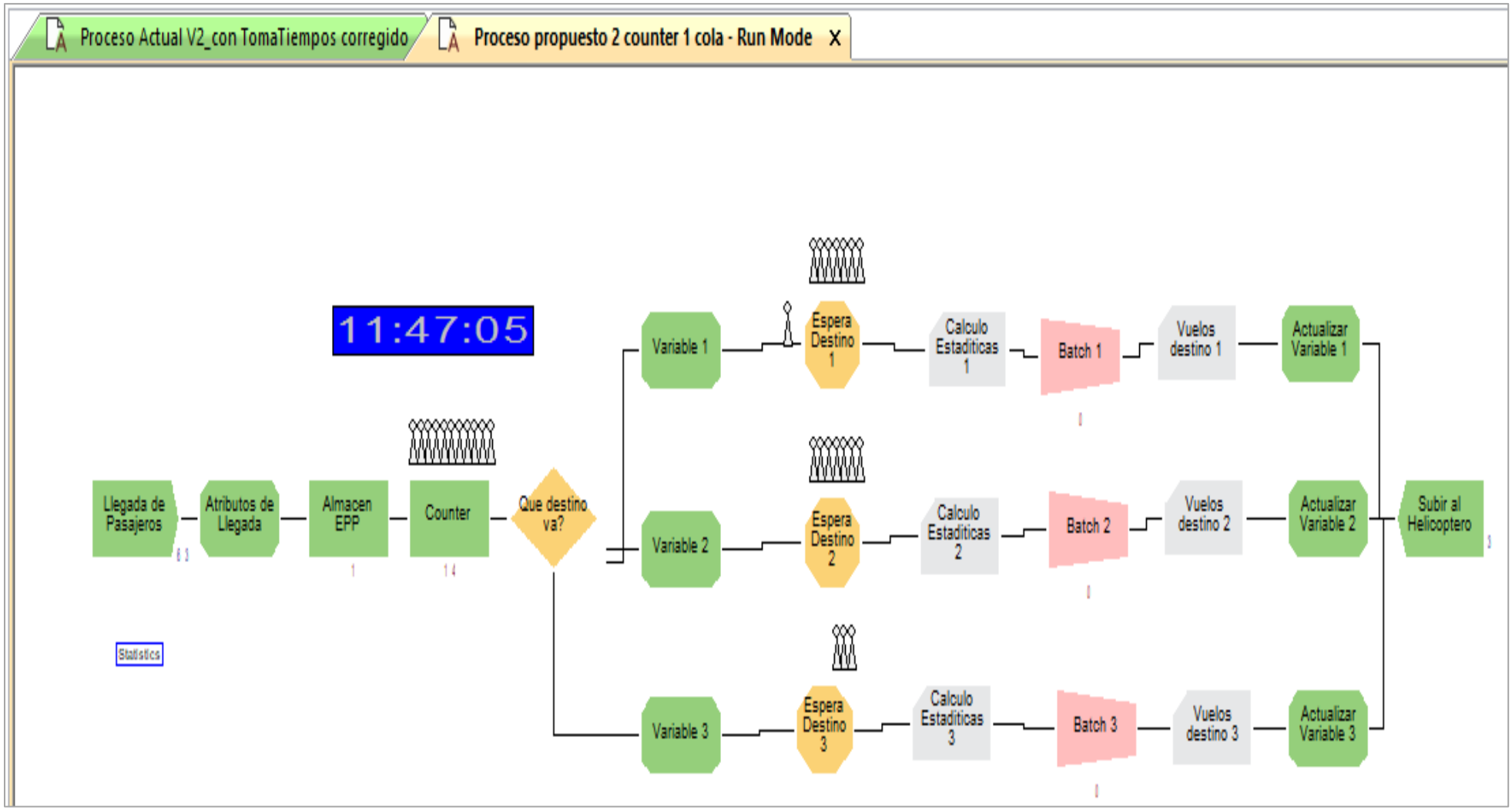
| Indicador | AVERAGE (Promedio) | STANDARD DEVIATION | 0.950 C.I. HALF-WIDTH | MINIMUM VALUE | MAXIMUM VALUE | NUMBER OF OBS. | Error 3%Media | N* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tamaño de Cola en Counte | 48.5 | 1.17 | 0.241 | 45 | 51.8 | 92 | 1.455 | 3 |
| Tiempo sistema 'General' | 54.1 | 3.26 | 0.674 | 45.1 | 60.3 | 92 | 1.623 | 16 |
| Tiempo sistema Sagari | 51.2 | 7.37 | 1.53 | 32.1 | 66.3 | 92 | 1.536 | 89 |

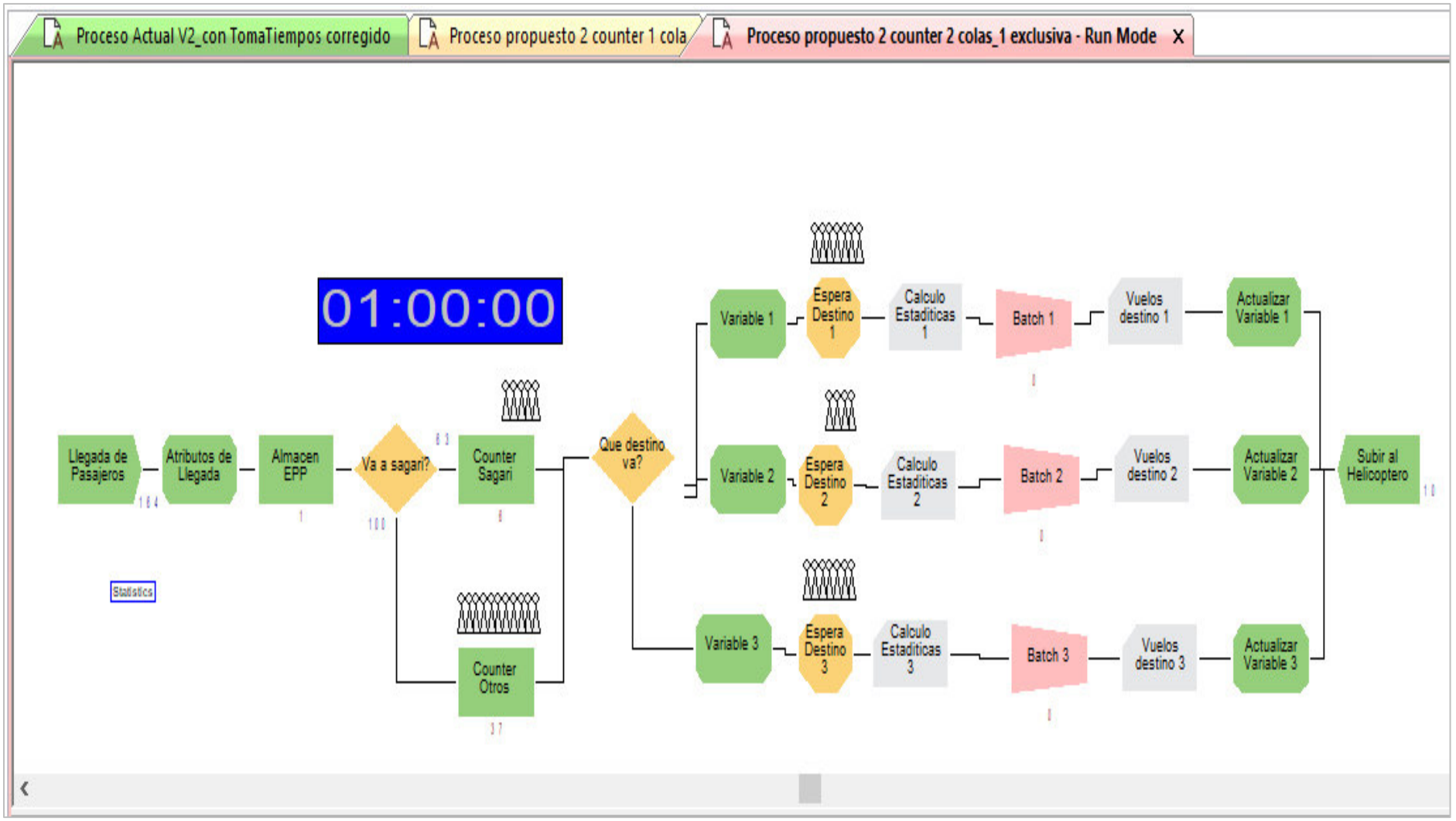
**Fuente:** Elaboración propia

## 7. Validación del modelo de simulación en el software

A continuación, mostramos el proceso simulado con las propuestas de incluir dos counters con una y/o dos colas:


Proceso Actual V2_con TomaTiempos corregido
11:00:00
Llegada de Pasajeros
Atributos de Llegada
Almacen EPP
Counter
Que destino va?
Variable 1
Variable 2
Variable 3
Espera Destino 1
Espera Destino 2
Espera Destino 3
Calculo Estaditicas 1
Calculo Estaditicas 2
Calculo Estaditicas 3
Batch 1
Batch 2
Batch 3
Vuelos destino 1
Vuelos destino 2
Vuelos destino 3
Actualizar Variable 1
Actualizar Variable 2
Actualizar Variable 3
Subir al Helicoptero
Statistics


Proceso Actual V2_con TomaTiempos corregido
Proceso propuesto 2 counter 1 cola - Run Mode
11:47:05
Llegada de Pasajeros
Atributos de Llegada
Almacen EPP
Counter
Que destino va?
Variable 1
Variable 2
Variable 3
Espera Destino 1
Espera Destino 2
Espera Destino 3
Calculo Estaditicas 1
Calculo Estaditicas 2
Calculo Estaditicas 3
Batch 1
Batch 2
Batch 3
Vuelos destino 1
Vuelos destino 2
Vuelos destino 3
Actualizar Variable 1
Actualizar Variable 2
Actualizar Variable 3
Subir al Helicoptero
Statistics


Proceso Actual V2_con TomaTiempos corregido
Proceso propuesto 2 counter 1 cola
Proceso propuesto 2 counter 2 colas_1 exclusiva - Run Mode
01:00:00
Llegada de Pasajeros
Atributos de Llegada
Almacen EPP
Va a sagari?
Counter Sagari
Counter Otros
Que destino va?
Variable 1
Espera Destino 1
Calculo Estaditicas 1
Batch 1
Vuelos destino 1
Actualizar Variable 1
Variable 2
Espera Destino 2
Calculo Estaditicas 2
Batch 2
Vuelos destino 2
Actualizar Variable 2
Variable 3
Espera Destino 3
Calculo Estaditicas 3
Batch 3
Vuelos destino 3
Actualizar Variable 3
Subir al Helicoptero
Statistics

# CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

## 4.1 Justificación

El presente trabajo aplica la Simulación de Sistemas para analizar el comportamiento del proceso de registro de pasajeros que viajarán en helicóptero hacia las locaciones desde la Base de Operaciones Nuevo Mundo. Para ello se realizan las siguientes actividades: se recolectan datos en campo (toma de tiempo), se analizan los datos obtenidos (distribuciones de los tiempos de servicio y entre arribos), se valida el sistema actual y a partir de este se generan escenarios de tal modo que se obtenga uno en que se consiga reducir los tiempos en el sistema, entre otros.

## 4.2 Metodología aplicada

El problema analizado aplica la Simulación de Sistemas como metodología para determinar los factores que ocasionan la demora en el registro de pasajeros en la zona de helipuertos a través del planteamiento de escenarios (como propuestas de mejora), de los cuales se elegirá el escenario más favorable para los decisores de la compañía, esto es, el escenario en que los pasajeros que viajarán a locaciones pasan menor tiempo de permanencia en el sistema antes de subir al helicóptero. Además, podemos resaltar que la Simulación de Sistemas nos da un entendimiento profundo del sistema sin obligarnos a realizar inversiones en implementaciones innecesarias.

## 4.3 Descripción de la implementación (resultados)

Utilizando el software Arena se obtienen los siguientes resultados detallados en la siguiente tabla, los cuales se pueden ver a detalle en los reportes obtenidos por el software en la opción Category Overview:

**Tabla N°6:**

*Comparación de resultados de los escenarios analizados (en minutos)*

| Escenarios | Situación actual | Escenario 1 | Escenario 2 |
|---|---|---|---|
| Tiempo promedio en el sistema (min.) | 54.146 | 25.2212 | 25.9808 |
| Max. Tiempo de espera en el sistema (min.) | 115.17 | 64.9876 | 86.6211 |
| Tiempo promedio en el sistema de pax Sagari (min.) | 51.2535 | 23.6961 | 16.4685 |
| Tiempo promedio en el sistema de pax Mashira (min.) | 57.1924 | 26.024 | 35.9245 |
| Tiempo promedio en el sistema de pax Otros (min.) | 54.8213 | 26.9901 | 35.7047 |
| Tiempo de espera en Almacén de EPP (min.) | 0.1147 | 0.0848 | 0.0851 |
| Tiempo utilización del operador almacén (min.) | 0.9039 | 0.9035 | 0.9035 |
| Tiempo utilización del operador FBO N°1 - Otros (min.) | 0.9945 | 0.9911 | 0.9874 |
| Tiempo utilización del operador FBO N°2 - Sagari (min.) | - | - | 0.9213 |

**Fuente:** Elaboración propia

Se concluye que el proceso mejora cuando se adiciona un counter para atender con exclusividad a la cola de trabajadores que viajarán a la locación con mayor cuota (40%) de viajes destino (locación Sagari). En este escenario se reduce significativamente el tiempo promedio en el sistema, esto es, de 54.146 a 25.9808 minutos lo que equivale a una reducción de tiempo en minutos del 52.01%. Asimismo, esta opción favorece a los demás pasajeros porque éstos se registrarán en la otra cola con el otro counter, consiguiendo permanecer en promedio en el sistema 35.7047 minutos, esto es, 54.8213 – 35.7047 = 19.1166 minutos menos que al alternativa o situación actual.

Cabe mencionar que para todos los escenarios el tiempo promedio de espera en el Almacén de EPP no es significativo porque oscila entre 0.0848 y 0.0851 minutos, lo cual representa menos de 6 segundos (0.094 minutos).

# CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES

- ✓ Con la aplicación de la simulación de sistemas, para el sistema en estudio, se propone elegir la alternativa N°3 (Proceso con 2 counters y 2 colas en la sala de embarque de helipuertos), la cual consiste en implementar dentro de la sala de embarque un counter (servidor) adicional para reducir el tiempo de permanencia en la cola antes de que los pasajeros viajen a las locaciones. Esta elección comprende que uno de los counters sea asignado exclusivamente para registrar a los pasajeros cuyo destino es el de mayor frecuencia (40%): locación Sagari; mientras el segundo counter es para registrar a los pasajeros de los otros destinos (incluyendo Mashira).
- ✓ Utilizar la simulación de sistemas nos permite experimentar a través de modelos que reflejen la realidad de la empresa sin la necesidad de realizar cambios e implementaciones en el sistema real evitando generar costos o gastos innecesarios o imprecisos, de tal forma que aporta a los decisores de las compañías a tomar mejores decisiones. Particularmente para este trabajo, ayudó a la Gerencia de Operaciones a visualizar diferentes escenarios que le permitieron identificar errores, deficiencias, mejoras, entre otros.
- ✓ Hacer un análisis más amplio con un registro de datos mayor al presente, lo cual permitirá identificar otras distribuciones de probabilidad en la determinación de las funciones estadísticas. Por ejemplo, analizar el comportamiento de tiempos entre arribos y de llegadas en el presente trabajo para un y dos años.
- ✓ Otra forma de ampliar el análisis es considerar en una emergencia sanitaria de pandemia (por ejemplo: el Covid) un nuevo recurso, ya sea una instalación o carpa donde los pasajeros se presenten para realizar una prueba de descarte o triaje (por ejemplo: una prueba antígena), lo cual implicaría un nuevo escenario con tres recursos (Almacén de EPP, Unidad médica y la Sala de embarque) para una misma entidad (los pasajeros).

# CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFIA


Aguilar, A. R., & Ilman, D. S. (2020). *Diseño de un sistema de simulación para reducir el tiempo de espera de las evaluaciones médicas MTC en el Centro Médico Meditran Perú E. I. R. L.* (**Tesis de licenciatura**). Universidad Privada del Norte, Lima, Perú. Recuperado de: https://hdl.handle.net/11537/27614

Arista, J. (2016). *Aplicación de la teoría de colas al problema de atención al cliente para la optimización del número de cajeros en ventanillas en la organización BCP* (**Tesis de pregrado**). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5227

[Artículo acerca de la actividad de Repsol en el Perú]. (s.f.). https://www.repsol.pe/es/conocenos/index.cshtml

[Artículo acerca de la misión de Repsol]. (s.f.). https://www.repsol.com/es/conocenos/vision-valores/index.cshtml

[Artículo acerca de la visión de Repsol]. (s.f.). https://www.repsol.com/es/conocenos/vision-valores/index.cshtml

[Artículo acerca del Alcance de labores de Supervisión y Fiscalización de Osinergmin]. (s.f.). http://gasnatural.osinerg.gob.pe/contenidos/potenciales_inversionistas/alcance_labores-actividad_exploracion_explotacion_lote57.html#:~:text=El%20Lote%2057%20se%20ubica,Convenci%C3%B3n%20de%20la%20Regi%C3%B3n%20Cusco.

Alarcón, G. C., & Díaz, T. J. (2018). *Diseño de un sistema de simulación para reducir el tiempo de espera en el área de operaciones de la empresa Interbank Agencia Cajamarca* (**Tesis de licenciatura**). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de http://hdl.handle.net/11537/13935

Cerdan, A., & García, E. R. (2021). *Aplicación de la teoría de colas para mejorar la producción del carguío y acarreo en una empresa minera de Cajamarca, 2020* (**Tesis de licenciatura**). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de: https://hdl.handle.net/11537/27122

Delgado, R. A. (2018). *Propuesta de mejora para disminuir el tiempo de espera en obtención de citas en periodos de mayor demanda en área de admisión del Hospital San Juan de Lurigancho 2018* (**Tesis de licenciatura**). Universidad Privada del Norte, Lima, Perú. Recuperado de: http://hdl.handle.net/11537/15220

Flores, C. & Flores, K. (2021). Aplicación de modelos de simulación a líneas de espera, riesgos e inventarios. *Revista Ingeniería Industrial*, *62*(3), 1-13. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362021000300054

Izar, J., Ynzunza, C. y Garnica, J. (2018). Análisis y optimización de dos sistemas de líneas de espera de empresas de logística y transporte de los Estados de Querétaro y Colima. *Revista Investigación Administrativa*, *47*(121). Recuperado de: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456054552004

Jácome, S. (2018). *Implementación de un modelo de simulación de líneas de espera en una agencia de una institución bancaria del Ecuador* (**Tesis de pregrado**) Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador. Recuperado de:

http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/18518?locale-attribute=en

Linares, J., Vitalta, J. y Garza, R. (2020). La teoría de colas aplicada a una oficina comercial de telecomunicaciones. *Revista Ingeniería Industrial*, *41*(2), 1-15. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362020000200004

Mendoza, J. K. (2020). *Impacto de la teoría de colas en los tiempos de espera de los clientes en empresas bancarias entre los años 2010-2020: una revisión de la literatura* (**Trabajo de investigación**). Universidad Privada del Norte, Lima, Perú. Recuperado de https://hdl.handle.net/11537/25708

Palomino, M. R. (2020). *Aplicación de teoría de colas en la simulación de escenarios para mejorar el tiempo de espera de los clientes del área operaciones de una agencia bancaria en la ciudad de Trujillo* (**Tesis de licenciatura**) Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú. Recuperado de: https://hdl.handle.net/11537/27664

Pérez, E. (2018). *Simulación de un Modelo de Atención al Usuario en Confiterías* (**Tesis de maestría**). Universidad de La Sabana, Chía, Colombia. Recuperado de: https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/34624

Silva, N. (2020). *Uso de software Arena para la simulación de colas de las operaciones de carga y descarga del área de almacén del operador logístico ALCOSA* (**Tesis de licenciatura**) Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú. Recuperado de: http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/5089

Sucasaire, H. (2016). Aplicación de simulación de sistemas con el software Arena para la mejora de la toma de decisiones en los servicios de ecografía de una clínica de Medical Images SAC en el distrito de Los Olivos en Lima

Metropolitana. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5973

Torres, P. (2016). Simulación de sistemas con el Software Arena. Fondo Editorial de la Universidad de Lima.

Winston, W. (2005). Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos. (4ta Ed.). México: Editorial Thomson

# CAPÍTULO VII: ANEXOS

## ANEXO 1

### Ficha de registro de datos tomados en la Base de Operaciones Nuevo Mundo, entre abril y setiembre 2020

Según los registros de la compañía, se realizó una toma de tiempos de 120 ocasiones para cada variable, entre abril y setiembre del año 2021:

| | | | | ALMACEN | | COUNTER | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° toma de tiempo | FECHA | T. ENTRE ARRIBOS (segundos) | T. ENTRE ARRIBOS (minutos) | T. SERVICIO (segundos) | T. SERVICIO (minutos) | T. SERVICIO (segundos) | T. SERVICIO (minutos) |
| 1 | 3/04/2021 | 50 | 0.833 | 38 | 0.633 | 92 | 1.533 |
| 2 | 3/04/2021 | 46 | 0.767 | 40 | 0.667 | 120 | 2.000 |
| 3 | 3/04/2021 | 36 | 0.600 | 48 | 0.800 | 110 | 1.833 |
| 4 | 3/04/2021 | 44 | 0.733 | 47 | 0.783 | 108 | 1.800 |
| 5 | 3/04/2021 | 44 | 0.733 | 50 | 0.833 | 131 | 2.183 |
| 6 | 8/04/2021 | 39 | 0.650 | 45 | 0.750 | 87 | 1.450 |
| 7 | 8/04/2021 | 54 | 0.900 | 34 | 0.567 | 107 | 1.783 |
| 8 | 8/04/2021 | 42 | 0.700 | 40 | 0.667 | 103 | 1.717 |
| 9 | 8/04/2021 | 49 | 0.817 | 45 | 0.750 | 105 | 1.750 |
| 10 | 8/04/2021 | 39 | 0.650 | 36 | 0.600 | 94 | 1.567 |
| 11 | 15/04/2021 | 36 | 0.600 | 50 | 0.833 | 123 | 2.050 |
| 12 | 15/04/2021 | 46 | 0.767 | 30 | 0.500 | 94 | 1.567 |
| 13 | 15/04/2021 | 36 | 0.600 | 44 | 0.733 | 135 | 2.250 |
| 14 | 15/04/2021 | 50 | 0.833 | 46 | 0.767 | 104 | 1.733 |
| 15 | 15/04/2021 | 36 | 0.600 | 44 | 0.733 | 116 | 1.933 |
| 16 | 24/04/2021 | 35 | 0.583 | 33 | 0.550 | 118 | 1.967 |
| 17 | 24/04/2021 | 37 | 0.617 | 44 | 0.733 | 105 | 1.750 |
| 18 | 24/04/2021 | 53 | 0.883 | 50 | 0.833 | 94 | 1.567 |
| 19 | 24/04/2021 | 48 | 0.800 | 40 | 0.667 | 92 | 1.533 |
| 20 | 24/04/2021 | 49 | 0.817 | 36 | 0.600 | 86 | 1.433 |
| 21 | 1/05/2021 | 48 | 0.800 | 34 | 0.567 | 114 | 1.900 |
| 22 | 1/05/2021 | 38 | 0.633 | 39 | 0.650 | 127 | 2.117 |
| 23 | 1/05/2021 | 52 | 0.8667 | 34 | 0.5667 | 91 | 1.5167 |
| 24 | 1/05/2021 | 43 | 0.7167 | 31 | 0.5167 | 126 | 2.1000 |
| 25 | 1/05/2021 | 36 | 0.6000 | 49 | 0.8167 | 101 | 1.6833 |
| 26 | 9/05/2021 | 39 | 0.6500 | 30 | 0.5000 | 126 | 2.1000 |
| 27 | 9/05/2021 | 39 | 0.6500 | 30 | 0.5000 | 115 | 1.9167 |
| 28 | 9/05/2021 | 46 | 0.7667 | 40 | 0.6667 | 117 | 1.9500 |
| 29 | 9/05/2021 | 37 | 0.6167 | 37 | 0.6167 | 117 | 1.9500 |
| 30 | 9/05/2021 | 49 | 0.8167 | 42 | 0.7000 | 110 | 1.8333 |
| 31 | 16/05/2021 | 51 | 0.8500 | 39 | 0.6500 | 107 | 1.7833 |
| 32 | 16/05/2021 | 38 | 0.6333 | 32 | 0.5333 | 100 | 1.6667 |
| 33 | 16/05/2021 | 42 | 0.7000 | 36 | 0.6000 | 93 | 1.5500 |
| 34 | 16/05/2021 | 45 | 0.7500 | 46 | 0.7667 | 117 | 1.9500 |
| 35 | 16/05/2021 | 52 | 0.8667 | 45 | 0.7500 | 101 | 1.6833 |
| 36 | 29/05/2021 | 39 | 0.6500 | 44 | 0.7333 | 134 | 2.2333 |
| 37 | 29/05/2021 | 41 | 0.6833 | 33 | 0.5500 | 119 | 1.9833 |
| 38 | 29/05/2021 | 41 | 0.6833 | 34 | 0.5667 | 99 | 1.6500 |

| | | | | ALMACEN | | COUNTER | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° toma de tiempo | FECHA | T. ENTRE ARRIBOS (segundos) | T. ENTRE ARRIBOS (minutos) | T. SERVICIO (segundos) | T. SERVICIO (minutos) | T. SERVICIO (segundos) | T. SERVICIO (minutos) |
| 39 | 29/05/2021 | 47 | 0.7833 | 49 | 0.8167 | 91 | 1.5167 |
| 40 | 29/05/2021 | 49 | 0.8167 | 34 | 0.5667 | 135 | 2.2500 |
| 41 | 5/06/2021 | 38 | 0.6333 | 30 | 0.5000 | 107 | 1.7833 |
| 42 | 5/06/2021 | 44 | 0.7333 | 40 | 0.6667 | 88 | 1.4667 |
| 43 | 5/06/2021 | 43 | 0.7167 | 46 | 0.7667 | 120 | 2.0000 |
| 44 | 5/06/2021 | 48 | 0.8000 | 33 | 0.5500 | 125 | 2.0833 |
| 45 | 5/06/2021 | 39 | 0.6500 | 33 | 0.5500 | 115 | 1.9167 |
| 46 | 12/06/2021 | 51 | 0.8500 | 37 | 0.6167 | 128 | 2.1333 |
| 47 | 12/06/2021 | 39 | 0.6500 | 39 | 0.6500 | 127 | 2.1167 |
| 48 | 12/06/2021 | 51 | 0.8500 | 32 | 0.5333 | 91 | 1.5167 |
| 49 | 12/06/2021 | 48 | 0.8000 | 42 | 0.7000 | 85 | 1.4167 |
| 50 | 21/06/2021 | 52 | 0.8667 | 47 | 0.7833 | 115 | 1.9167 |
| 51 | 21/06/2021 | 38 | 0.6333 | 31 | 0.5167 | 117 | 1.9500 |
| 52 | 21/06/2021 | 35 | 0.5833 | 41 | 0.6833 | 121 | 2.0167 |
| 53 | 21/06/2021 | 35 | 0.5833 | 32 | 0.5333 | 96 | 1.6000 |
| 54 | 26/06/2021 | 52 | 0.8667 | 43 | 0.7167 | 94 | 1.5667 |
| 55 | 26/06/2021 | 48 | 0.8000 | 49 | 0.8167 | 102 | 1.7000 |
| 56 | 26/06/2021 | 51 | 0.8500 | 36 | 0.6000 | 118 | 1.9667 |
| 57 | 26/06/2021 | 37 | 0.6167 | 45 | 0.7500 | 87 | 1.4500 |
| 58 | 30/06/2021 | 38 | 0.6333 | 41 | 0.6833 | 115 | 1.9167 |
| 59 | 30/06/2021 | 51 | 0.8500 | 48 | 0.8000 | 98 | 1.6333 |
| 60 | 30/06/2021 | 51 | 0.8500 | 50 | 0.8333 | 102 | 1.7000 |
| 61 | 2/07/2021 | 46 | 0.7667 | 46 | 0.7667 | 90 | 1.5000 |
| 62 | 2/07/2021 | 38 | 0.6333 | 38 | 0.6333 | 97 | 1.6167 |
| 63 | 2/07/2021 | 45 | 0.7500 | 37 | 0.6167 | 107 | 1.7833 |
| 64 | 2/07/2021 | 37 | 0.6167 | 50 | 0.8333 | 98 | 1.6333 |
| 65 | 2/07/2021 | 39 | 0.6500 | 32 | 0.5333 | 100 | 1.6667 |
| 66 | 8/07/2021 | 38 | 0.6333 | 41 | 0.6833 | 93 | 1.5500 |
| 67 | 8/07/2021 | 46 | 0.7667 | 33 | 0.5500 | 129 | 2.1500 |
| 68 | 8/07/2021 | 43 | 0.7167 | 49 | 0.8167 | 128 | 2.1333 |
| 69 | 8/07/2021 | 48 | 0.8000 | 40 | 0.6667 | 114 | 1.9000 |
| 70 | 8/07/2021 | 44 | 0.7333 | 35 | 0.5833 | 91 | 1.5167 |
| 71 | 17/07/2021 | 46 | 0.7667 | 45 | 0.7500 | 112 | 1.8667 |
| 72 | 17/07/2021 | 37 | 0.6167 | 46 | 0.7667 | 119 | 1.9833 |
| 73 | 17/07/2021 | 38 | 0.6333 | 30 | 0.5000 | 86 | 1.4333 |
| 74 | 17/07/2021 | 52 | 0.8667 | 41 | 0.6833 | 97 | 1.6167 |
| 75 | 17/07/2021 | 42 | 0.7000 | 35 | 0.5833 | 135 | 2.2500 |
| 76 | 27/07/2021 | 39 | 0.6500 | 46 | 0.7667 | 128 | 2.1333 |
| 77 | 27/07/2021 | 39 | 0.6500 | 45 | 0.7500 | 122 | 2.0333 |
| 78 | 27/07/2021 | 40 | 0.6667 | 33 | 0.5500 | 112 | 1.8667 |
| 79 | 27/07/2021 | 53 | 0.8833 | 42 | 0.7000 | 120 | 2.0000 |
| 80 | 27/07/2021 | 51 | 0.8500 | 43 | 0.7167 | 121 | 2.0167 |

| | | | | ALMACEN | | COUNTER | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N° toma de tiempo | FECHA | T. ENTRE ARRIBOS (segundos) | T. ENTRE ARRIBOS (minutos) | T. SERVICIO (segundos) | T. SERVICIO (minutos) | T. SERVICIO (segundos) | T. SERVICIO (minutos) |
| 81 | 5/08/2021 | 43 | 0.7167 | 33 | 0.5500 | 125 | 2.0833 |
| 82 | 5/08/2021 | 38 | 0.6333 | 50 | 0.8333 | 115 | 1.9167 |
| 83 | 5/08/2021 | 45 | 0.7500 | 35 | 0.5833 | 124 | 2.0667 |
| 84 | 5/08/2021 | 48 | 0.8000 | 34 | 0.5667 | 131 | 2.1833 |
| 85 | 5/08/2021 | 53 | 0.8833 | 49 | 0.8167 | 132 | 2.2000 |
| 86 | 12/08/2021 | 42 | 0.7000 | 35 | 0.5833 | 127 | 2.1167 |
| 87 | 12/08/2021 | 46 | 0.7667 | 37 | 0.6167 | 125 | 2.0833 |
| 88 | 12/08/2021 | 45 | 0.7500 | 47 | 0.7833 | 123 | 2.0500 |
| 89 | 12/08/2021 | 44 | 0.7333 | 30 | 0.5000 | 103 | 1.7167 |
| 90 | 12/08/2021 | 52 | 0.8667 | 41 | 0.6833 | 97 | 1.6167 |
| 91 | 18/08/2021 | 40 | 0.6667 | 42 | 0.7000 | 96 | 1.6000 |
| 92 | 18/08/2021 | 51 | 0.8500 | 31 | 0.5167 | 108 | 1.8000 |
| 93 | 18/08/2021 | 43 | 0.7167 | 49 | 0.8167 | 131 | 2.1833 |
| 94 | 18/08/2021 | 39 | 0.6500 | 38 | 0.6333 | 109 | 1.8167 |
| 95 | 18/08/2021 | 51 | 0.8500 | 40 | 0.6667 | 132 | 2.2000 |
| 96 | 28/08/2021 | 36 | 0.6000 | 36 | 0.6000 | 112 | 1.8667 |
| 97 | 28/08/2021 | 44 | 0.7333 | 41 | 0.6833 | 133 | 2.2167 |
| 98 | 28/08/2021 | 48 | 0.8000 | 30 | 0.5000 | 91 | 1.5167 |
| 99 | 28/08/2021 | 41 | 0.6833 | 41 | 0.6833 | 125 | 2.0833 |
| 100 | 28/08/2021 | 41 | 0.6833 | 32 | 0.5333 | 131 | 2.1833 |
| 101 | 2/09/2021 | 39 | 0.6500 | 48 | 0.8000 | 93 | 1.5500 |
| 102 | 2/09/2021 | 53 | 0.8833 | 49 | 0.8167 | 121 | 2.0167 |
| 103 | 2/09/2021 | 52 | 0.8667 | 32 | 0.5333 | 135 | 2.2500 |
| 104 | 2/09/2021 | 48 | 0.8000 | 48 | 0.8000 | 89 | 1.4833 |
| 105 | 9/09/2021 | 53 | 0.8833 | 43 | 0.7167 | 116 | 1.9333 |
| 106 | 9/09/2021 | 47 | 0.7833 | 36 | 0.6000 | 127 | 2.1167 |
| 107 | 9/09/2021 | 43 | 0.7167 | 31 | 0.5167 | 125 | 2.0833 |
| 108 | 9/09/2021 | 42 | 0.7000 | 31 | 0.5167 | 117 | 1.9500 |
| 109 | 19/09/2021 | 45 | 0.7500 | 46 | 0.7667 | 127 | 2.1167 |
| 110 | 19/09/2021 | 52 | 0.8667 | 44 | 0.7333 | 94 | 1.5667 |
| 111 | 19/09/2021 | 54 | 0.9000 | 36 | 0.6000 | 96 | 1.6000 |
| 112 | 19/09/2021 | 50 | 0.8333 | 42 | 0.7000 | 130 | 2.1667 |
| 113 | 25/09/2021 | 36 | 0.6000 | 49 | 0.8167 | 102 | 1.7000 |
| 114 | 25/09/2021 | 49 | 0.8167 | 37 | 0.6167 | 98 | 1.6333 |
| 115 | 25/09/2021 | 41 | 0.6833 | 37 | 0.6167 | 89 | 1.4833 |
| 116 | 25/09/2021 | 42 | 0.7000 | 44 | 0.7333 | 110 | 1.8333 |
| 117 | 30/09/2021 | 41 | 0.6833 | 44 | 0.7333 | 95 | 1.5833 |
| 118 | 30/09/2021 | 37 | 0.6167 | 38 | 0.6333 | 121 | 2.0167 |
| 119 | 30/09/2021 | 53 | 0.8833 | 39 | 0.6500 | 125 | 2.0833 |
| 120 | 30/09/2021 | 43 | 0.7167 | 39 | 0.6500 | 85 | 1.4167 |

# ANEXO 2

## Datos observados en la simulación con Arena Simulator versión 16.1 para la alternativa 1 (situación actual), en el formato Category Overview

07:56:05 **Category Overview** Julio 5, 2022

*Values Across All Replications*

**Unnamed Project**

Replications: 100 Time Units: Minutes

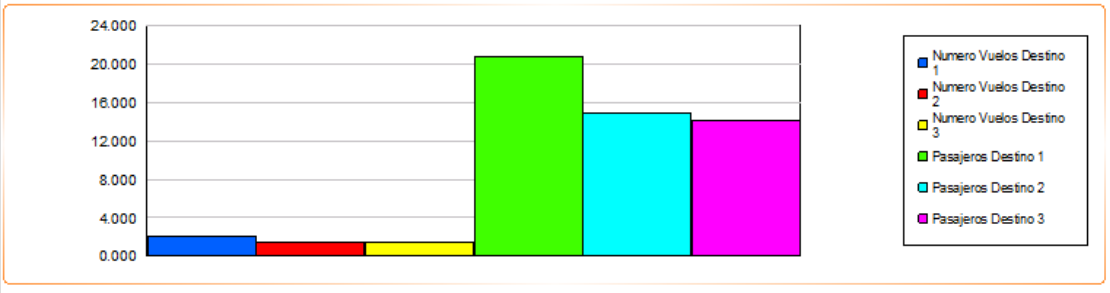
**User Specified**

### Tally

| Interval | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo en el Sistema | 54.1460 | 0.65 | 45.1401 | 60.3494 | 15.6679 | 115.17 |
| TS Mashira | 57.1924 | 1.92 | 35.4871 | 90.8111 | 21.0521 | 115.17 |
| TS Otros | 54.8213 | 2.07 | 30.7937 | 87.0546 | 17.8794 | 104.74 |
| TS Sagari | 51.2535 | 1.46 | 32.0831 | 66.2917 | 15.6679 | 97.5979 |

### Counter

| Count | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|---|---|---|---|---|
| Numero Vuelos Destino 1 | 2.0800 | 0.10 | 1.0000 | 3.0000 |
| Numero Vuelos Destino 2 | 1.4900 | 0.11 | 1.0000 | 3.0000 |
| Numero Vuelos Destino 3 | 1.4100 | 0.10 | 1.0000 | 2.0000 |
| Pasajeros Destino 1 | 20.8000 | 1.02 | 10.0000 | 30.0000 |
| Pasajeros Destino 2 | 14.9000 | 1.09 | 10.0000 | 30.0000 |
| Pasajeros Destino 3 | 14.1000 | 0.99 | 10.0000 | 20.0000 |



*Values Across All Replications*

## Unnamed Project

Replications: 100 Time Units: Minutes

## Queue

### Time

| Waiting Time | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Almacen EPP.Queue | 0.08399352 | 0.01 | 0.03505333 | 0.1980 | 0.00 | 1.1815 |
| Batch 1.Queue | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Batch 2.Queue | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Batch 3.Queue | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Counter.Queue | 35.6457 | 0.17 | 33.7021 | 37.9148 | 0.00 | 74.3643 |
| Espera Destino 1.Queue | 20.2634 | 0.83 | 13.4693 | 32.9920 | 0.00 | 75.7401 |
| Espera Destino 2.Queue | 27.5178 | 1.50 | 16.3577 | 48.8727 | 0.00 | 111.06 |
| Espera Destino 3.Queue | 27.3401 | 1.65 | 10.7591 | 55.1706 | 0.00 | 101.43 |

## Resource

### Usage

| Instantaneous Utilization | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operario | 0.9039 | 0.00 | 0.8599 | 0.9374 | 0.00 | 1.0000 |
| Operario FBO | 0.9945 | 0.00 | 0.9928 | 0.9961 | 0.00 | 1.0000 |

| Number Busy | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operario | 0.9039 | 0.00 | 0.8599 | 0.9374 | 0.00 | 1.0000 |
| Operario FBO | 0.9945 | 0.00 | 0.9928 | 0.9961 | 0.00 | 1.0000 |

# ANEXO 3

## Datos observados en la simulación con Arena Simulator versión 16.1 para la alternativa 2, en el formato Category Overview

16:28:11 **Category Overview** Julio 5, 2022

*Values Across All Replications*

**Proceso Propuesto 2 countery una cola**

Replications: 100 Time Units: Minutes

**User Specified**

**Tally**

| Interval | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo en el Sistema | 25.2212 | 0.25 | 21.7256 | 28.1212 | 4.5386 | 64.9876 |
| TS Mashira | 26.0240 | 0.53 | 20.0289 | 32.1329 | 5.3832 | 64.9876 |
| TS Otros | 26.9901 | 0.59 | 21.1741 | 34.9435 | 4.6788 | 61.6617 |
| TS Sagari | 23.6961 | 0.35 | 20.0766 | 27.9780 | 4.5386 | 59.0408 |

**Counter**

| Count | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|---|---|---|---|---|
| Numero Vuelos Destino 1 | 4.7300 | 0.14 | 3.0000 | 6.0000 |
| Numero Vuelos Destino 2 | 3.4000 | 0.13 | 2.0000 | 5.0000 |
| Numero Vuelos Destino 3 | 3.3600 | 0.12 | 2.0000 | 5.0000 |
| Pasajeros Destino 1 | 47.3000 | 1.37 | 30.0000 | 60.0000 |
| Pasajeros Destino 2 | 34.0000 | 1.28 | 20.0000 | 50.0000 |
| Pasajeros Destino 3 | 33.6000 | 1.23 | 20.0000 | 50.0000 |

16:28:11 **Category Overview** Julio 5, 2022

*Values Across All Replications*

**Proceso Propuesto 2 countery una cola**

Replications: 100 Time Units: Minutes

**Queue**

**Time**

| Waiting Time | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Almacen EPP.Queue | 0.08484979 | 0.01 | 0.04178825 | 0.2511 | 0.00 | 1.1649 |
| Batch 1.Queue | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Batch 2.Queue | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Batch 3.Queue | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Counter.Queue | 11.9020 | 0.17 | 9.8244 | 14.7307 | 0.00 | 27.7377 |
| Espera Destino 1.Queue | 10.2886 | 0.27 | 7.9041 | 15.6058 | 0.00 | 38.8793 |
| Espera Destino 2.Queue | 13.3101 | 0.46 | 8.9669 | 19.8595 | 0.00 | 50.5993 |
| Espera Destino 3.Queue | 13.9741 | 0.49 | 9.5508 | 22.3371 | 0.00 | 50.1629 |

## Proceso Propuesto 2 countery una cola

Replications: 100 Time Units: Minutes

## Resource

### Usage

| Instantaneous Utilization | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operario | 0.9035 | 0.00 | 0.8691 | 0.9401 | 0.00 | 1.0000 |
| Operario FBO | 0.9911 | 0.00 | 0.9883 | 0.9934 | 0.00 | 1.0000 |

# ANEXO 4

## Datos observados en la simulación con Arena Simulator versión 16.1 para la alternativa 3, en el formato Category Overview

16:39:46 **Category Overview** Julio 5, 2022

*Values Across All Replications*

**Proceso Propuesto 2 counter 2 colas**

Replications: 100 Time Units: Minutes

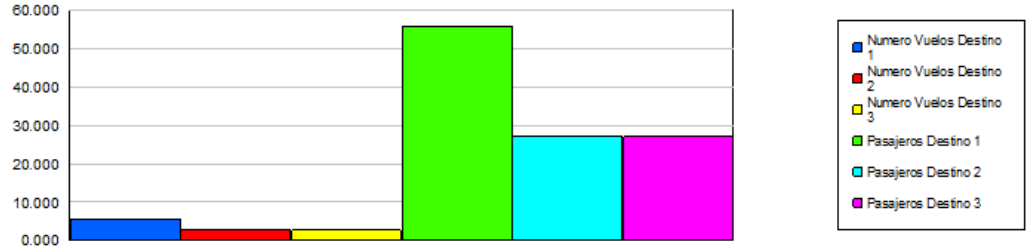
**User Specified**

### Tally

| Interval | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiempo en el Sistema | 25.9808 | 0.39 | 22.3237 | 32.3436 | 2.0627 | 86.6211 |
| TS Mashira | 35.9245 | 1.01 | 25.5158 | 52.5068 | 5.6833 | 83.6350 |
| TS Otros | 35.7047 | 1.02 | 21.7625 | 52.8989 | 5.4245 | 86.6211 |
| TS Sagari | 16.4685 | 0.57 | 13.0010 | 24.1411 | 2.0627 | 41.4756 |

### Counter

| Count | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|---|---|---|---|---|
| Numero Vuelos Destino 1 | 5.5700 | 0.10 | 5.0000 | 6.0000 |
| Numero Vuelos Destino 2 | 2.7400 | 0.11 | 2.0000 | 4.0000 |
| Numero Vuelos Destino 3 | 2.7000 | 0.11 | 2.0000 | 4.0000 |
| Pasajeros Destino 1 | 55.7000 | 1.00 | 50.0000 | 60.0000 |
| Pasajeros Destino 2 | 27.4000 | 1.09 | 20.0000 | 40.0000 |
| Pasajeros Destino 3 | 27.0000 | 1.12 | 20.0000 | 40.0000 |



## Proceso Propuesto 2 counter 2 colas

Replications: 100 Time Units: Minutes

## Queue

### Time

| Waiting Time | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Almacen EPP.Queue | 0.08518342 | 0.01 | 0.03685818 | 0.2085 | 0.00 | 0.9498 |
| Batch 1.Queue | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Batch 2.Queue | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Batch 3.Queue | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Counter Otros.Queue | 19.6568 | 0.70 | 9.7024 | 26.4057 | 0.00 | 51.4736 |
| Counter Sagari.Queue | 5.2206 | 0.66 | 0.8132 | 14.1469 | 0.00 | 25.7741 |
| Espera Destino 1.Queue | 8.8934 | 0.13 | 8.0922 | 11.5014 | 0.00 | 35.8677 |
| Espera Destino 2.Queue | 16.8282 | 0.65 | 11.3206 | 27.6206 | 0.00 | 62.1144 |
| Espera Destino 3.Queue | 16.6267 | 0.60 | 11.6968 | 24.5738 | 0.00 | 58.4058 |

16:39:46 Category Overview Julio 5, 2022
Values Across All Replications

Proceso Propuesto 2 counter 2 colas

Replications: 100 Time Units: Minutes

## Resource

### Usage

| Instantaneous Utilization | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operario | 0.9035 | 0.00 | 0.8774 | 0.9360 | 0.00 | 1.0000 |
| Operario FBO | 0.9874 | 0.00 | 0.9347 | 0.9960 | 0.00 | 1.0000 |
| Operario FBO Sagari | 0.9213 | 0.01 | 0.7321 | 0.9948 | 0.00 | 1.0000 |

| Number Busy | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average | Minimum Value | Maximum Value |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Operario | 0.9035 | 0.00 | 0.8774 | 0.9360 | 0.00 | 1.0000 |
| Operario FBO | 0.9874 | 0.00 | 0.9347 | 0.9960 | 0.00 | 1.0000 |
| Operario FBO Sagari | 0.9213 | 0.01 | 0.7321 | 0.9948 | 0.00 | 1.0000 |