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

Simulación para reducir los tiempos de la transferencia de clientes en una institución microfinanciera privada del Perú

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa

AUTOR

Alessandra Faryde LABRA HUAUYA

ASESOR

Alicia Cirila RIOJAS CAÑARI

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

Labra, A. (2022). *Simulación para reducir los tiempos de la transferencia de clientes en una institución microfinanciera privada del Perú*. [Tesis 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	Alessandra Faryde Labra Huauya
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72164071
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Alicia Cirila Riojas Cañari
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	06018994
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1110-7255
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Luis Antonio Durand Romero
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09516593
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Mario Edison Ninaquispe Soto
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41887115
Datos de investigación	
Línea de investigación	A.3.3.2. Procesos estocásticos y simulación

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

Anexo 6

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN INVESTIGACIÓN OPERATIVA

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 18:00 horas del día sábado 6 de agosto del año 2022, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador de Tesis:

Mg. Luis Antonio Durand Romero	(Presidente)
Mg. Mario Edison Ninaquispe Soto	(Miembro)
Lic. Alicia Cirila Riojas Cañari	(Miembro-Asesor)

Para la sustentación de la Tesis intitulada: SIMULACIÓN PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE LA TRANSFERENCIA DE CLIENTES EN UNA INSTITUCIÓN MICROFINANCIERA PRIVADA DEL PERÚ., presentada por la señorita Bachiller Alessandra Faryde Labra Huauya, para obtener el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Luego de la exposición de la Tesis, el Presidente invitó a la expositora a dar respuesta a las preguntas formuladas.

Realizada la evaluación correspondiente por los miembros del jurado, la expositora mereció la aprobación ***con mención honrosa*** con un calificativo promedio de: **dieciséis (16).**

A continuación, los miembros del jurado dan manifiesto que la participante señorita Bachiller Alessandra Faryde Labra Huauya, en virtud de haber aprobado la sustentación de su tesis, será propuesto para que se le otorgue el Título Profesional de Licenciada en Investigación Operativa.

Siendo las 18:51 horas, se levantó la Sesión, firmando para constancia la presente Acta en tres (3) copias originales o archivo PDF.



PRESIDENTE
Mg. Luis Antonio Durand Romero



MIEMBRO
Mg. Mario Edison Ninaquispe Soto



MIEMBRO-ASESOR
Lic. Alicia Cirila Riojas Cañari

Link: https://meet.google.com/fxe-gbpv-gem

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: Dr. Paulo Cesar Olivares Taipe
2. Documento evaluado:
   SIMULACIÓN PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE LA TRANSFERENCIA DE CLIENTES ENTRE ASESORES CREDITICIOS EN UNA INSTITUCIÓN MICROFINANCIERA PRIVADA DEL PERÚ
3. Autor de la tesis: Alessandra Faryde LABRA HUAUYA
4. Fecha de recepción de la tesis: 20/04
5. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 25/04
   - 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:
8. Fuentes originales de las similitudes encontradas: 4%
   Fuentes de internet: 4%
   Publicaciones: 3%
9. Calificación de originalidad:
   - El documento mencionado cumple criterios de originalidad, sin observaciones

Lima, 25 de abril de 2023

UNMSM
Firmado digitalmente por VELASQUEZ PINO Carmela Catalina FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25.04.2023 22:34:57 -05:00

Mg. Carmela Catalina Velásquez Pino
Directora

Resumen

Simulación para reducir los tiempos de la transferencia de clientes en una Institución Microfinanciera privada del Perú

Alessandra Faryde Labra Huauya

Agosto 2022

Título obtenido: Licenciada en Investigación Operativa

En una Institución Microfinanciera, cuando algún(os) asesor(es) crediticios estarán ausentes temporal o permanentemente, es necesario transferir a sus clientes a otro asesor, esta función es realizada por los analistas del Área Central de la institución. El presente trabajo de investigación se centra en los retrasos al realizar transferencias de clientes entre asesores, el retraso ocasiona malestar en el cliente pues hasta que se realice la transferencia, él no tiene a quien recurrir para solicitar otros servicios financieros. Con el fin de disminuir los retrasos se utilizó la metodología de la simulación de sistemas para lo cual se analizó las solicitudes de transferencias recibidas desde el mes de octubre 2019 hasta marzo 2020, se clasificó a los servidores de la oficina central según su número promedio de solicitudes atendidas a tiempo y con retraso. Luego, se estimó la distribución de probabilidad de los tiempos entre las llegadas de las transferencias y el tiempo de servicio por cada analista (servidor). Con todo ello se construyó un modelo en Arena versión estudiantil, se ejecutó el modelo, los resultados se contrastaron con la realidad, luego se simuló tres escenarios. Se obtuvo que la mejor alternativa es contar con tres analistas de cada tipo de rendimiento, es decir, por lo menos que uno sea del tipo A y otro del tipo B, los primeros doce días del mes para que los tiempos de espera se reduzcan en un 95%.

Palabras clave: Mypes, Mejora de procesos, Simulación

Abstract

Simulation to reduce client transfer times in a private Microfinance Institution in Peru

Alessandra Faryde Labra Huauya

August 2022

Degree obtained: Graduate in Operations Research

In a Microfinance Institution, when some credit adviser (s) will be absent temporarily or permanently, it is necessary to transfer their clients to another adviser, this function is performed by the analysts of the Central Area of the institution. This research work focuses on the delays when making client transfers between advisers, the delay causes discomfort in the client because until the transfer is made, he has no one to turn to request other financial services. In order to reduce delays, the system simulation methodology was used to analyze the transfer requests received from October 2019 to March 2020, and the central office servers were classified according to their average number of requests handled on time (at most one day of waiting) and with delays (two days or more). Then, the probability distribution of the times between transfer arrivals and service time per analyst was estimated. With all this, a model was built in Arena student version, the model was executed, the results were contrasted with reality, then three scenarios were simulated. It was found that the best alternative is to have three analysts of each type of performance, i.e., at least one of type A and one of type B, the first twelve days of the month so that waiting times are reduced by 95%.

Keywords: Mypes, Process improvement, Simulation

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN _____ **1**

CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN _____ **3**

1.1. Planteamiento del problema _____ **3**

1.2 Problema general y específicos _____ **4**

1.3 Objetivos _____ **4**

1.4 Justificaciones _____ **5**

CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA _____ **7**

CAPÍTULO III: ESTADO DEL CONOCIMIENTO _____ **13**

3.1 Antecedentes _____ **13**

3.2 Marco teórico _____ **16**

3.2.1 Simulación de Sistemas _____ **16**

3.2.2 Simulación por procesos (SP) _____ **19**

3.2.3 Software Arena _____ **22**

3.3 Marco Conceptual _____ **25**

CAPITULO IV MÉTODO _____ **26**

4.1 Diseño metodológico _____ **26**

4.1.1 Tipo de investigación _____ **26**

4.1.2 Población _____ **26**

4.2 Diseño muestral _____ **27**

4.3 Técnicas de recolección de datos _____ **27**

4.3.1 Instrumento de recolección de datos _____ **27**

4.4 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información _____ **28**

4.5 Actividades realizadas _____ **28**

4.5.1 Actividad 1: Comportamiento de las llegadas _____ **28**

4.5.2 Actividad 2: Comportamiento del servicio _____ **29**

4.5.3 Actividad 3: Simulación del proceso de transferencias _____ **29**

4.5.4 Actividad 4: Experimentación con el modelo de simulación _____ **29**

CAPÍTULO V. RESULTADOS _____ **29**

5.1 Distribución de probabilidad de los tiempos entre llegadas _____ **30**

5.1.1 Estadísticas descriptivas para los tiempos entre llegadas por cada tipo de transferencia _____ **30**

5.1.2 Estadística inferencial para los tiempos entre llegadas por cada tipo de transferencia _____ **32**

5.2 Distribución de probabilidad de los tiempos de servicio _____ **33**

5.2.1 Estadísticas descriptivas para los tiempos de atención por cada analista 33

5.2.2 Estadística inferencial para los tiempos de servicio por cada tipo de transferencia _____ **35**

5.3 Modelo de simulación _____ **40**

5.3.1 Construcción del modelo de simulación _____ 44
5.3.2 Resultados del modelo de simulación _____ 60
5.3.3 Validación del modelo de simulación _____ 62
5.4 Experimentación con el modelo de simulación _____ 69
5.4.1 Alternativa 1 _____ 70
5.4.2 Alternativa 2 _____ 71
5.4.3 Alternativa 3 _____ 73
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES_____78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____80
Anexos _____83
Anexo 1. Lineamientos de la empresa_____ 84
Anexo 2. Datos _____ 85
Anexo 3. Pruebas de bondad de ajuste y distribuciones de probabilidad_____ 86
Anexo 4. Resultados y construcción del modelo de simulación _____ 101

ÍNDICE DE TABLAS

***Tabla 1**. Cantidad de solicitudes por cada mes 10*
***Tabla 2.** Cantidad de solicitudes por cada tipo de transferencia 10*
***Tabla 3.** Cantidad de solicitudes atendidas con un tiempo de espera de 1 día a 7 días 11*
***Tabla 4.** Variables usadas en la investigación..... 25*
***Tabla 5.** Tiempos entre llegadas (en horas) por cada tipo de transferencia 31*
***Tabla 6**.Prueba de Bondad de Ajuste del tipo de transferencia individual 32*
***Tabla 7**. Prueba de Bondad de Ajuste del tipo de transferencia masiva 33*
***Tabla 8.** Cantidad de analistas en la atención de transferencias en el periodo en estudio 34*
***Tabla 9**.Tiempo de servicio promedio en horas y desviación estándar por cada tipo de solicitud 34*
***Tabla 10.** Tiempo de servicio promedio en horas y desviación estándar por cada analista 34*
***Tabla 11.**P valor de cada analista del tipo de transferencia individual..... 35*
***Tabla 12.** P valor por cada analista con respecto a la solicitud de transferencia masiva 36*
***Tabla 13.** Prueba de Bondad de Ajuste..... 38*
***Tabla 14**. Distribuciones de probabilidad de los tiempos (horas) de atención del tipo de transferencia individual..... 39*
***Tabla 15.** Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de atención del tipo de transferencia masiva 39*
***Tabla 16.** Tipos de rendimiento por cada analista 40*
***Tabla 17**. Entidades del modelo de simulación..... 40*
***Tabla 18.** Recursos del modelo de simulación..... 41*
***Tabla 19.** Atributos del modelo de simulación..... 41*
***Tabla 20.** Módulos Assign del modelo de simulación..... 41*
***Tabla 21**. Fase 1: Módulos Entity, Dispose y Decide..... 44*
***Tabla 22**. Fase 1: Módulos Assigns de la primera fase 44*
***Tabla 23.** Fase 2: Módulos Entity..... 46*
***Tabla 24.** Fase 2: Módulos Assign..... 46*
***Tabla 25**. Fase 2: Módulo Hold..... 46*
***Tabla 26.** Fase 2: Módulo Process 46*
***Tabla 27.** Fase 2. Módulo Decide 46*
***Tabla 28.** Fase 2.1 Módulos Entity y Decide utilizados para la salida de entidades en cola 48*
***Tabla 29.** Fase 2.1 Módulos Signal para la salida de entidades en cola 48*
***Tabla 30.** Fase 3: Módulo Decide de la tercera fase..... 50*
***Tabla 31.** Caso 3.1: Módulo Decide 50*
***Tabla 32**. Caso 3.1 Módulos Assigns..... 50*
***Tabla 33.** Caso 3.1 Módulo Process 51*
***Tabla 34.** Caso 3.2: Módulo Decide 52*
***Tabla 35.** Caso 3.2: Módulos Assign 52*
***Tabla 36.** Caso 3.2: Módulos Process 52*
***Tabla 37.** Caso 3.3: Módulos Decide..... 54*
***Tabla 38.** Caso 3.3: Módulos Assign 54*
***Tabla 39.** Caso 3.3: Módulos Process 54*
***Tabla 40.** Caso 3.4: Módulos Assign 56*

Tabla 41. *Caso 3.4: Módulos Process* *57*
Tabla 42. *Fase 4: Módulo Assign* *58*
Tabla 43. *Fase 4: Módulo Record de la cuarta fase del desarrollo del modelo de simulación*..... *58*
Tabla 44. *Fase 4: Módulo Decide de la cuarta fase del desarrollo del modelo de simulación*..... *59*
Tabla 45. *Fase 4: Módulo Record de la cuarta fase del desarrollo del modelo de simulación*..... *59*
Tabla 46. *Cantidad promedio de solicitudes obtenidas de la base de datos y del modelo de simulación*..... *60*
Tabla 47. *Intervalo de confianza del tiempo promedio de espera para la atención de las solicitudes del tipo individual de las muestras preliminares vs data real*..... *61*
Tabla 48. *Intervalo de confianza del tiempo promedio de espera de la atención de las solicitudes del tipo masivo de las muestras preliminares vs data real* *61*
Tabla 49. *Promedio de tiempos de espera por cada tipo de solicitud (en horas) obtenidas de la simulación.* *62*
Tabla 50. *Rendimientos y tiempos de servicio de los analistas para el primer escenario* *70*
Tabla 51.*Cantidad de analistas durante los primeros doce días hábiles del primer escenario*..... *70*
Tabla 52. *Resultados de la simulación del escenario 1* *71*
Tabla 53. *Comparación del escenario 1 vs la situación real*..... *71*
Tabla 54. *Rendimientos y tiempos de servicio de los analistas para el segundo escenario*..... *72*
Tabla 55. *Cantidad de analistas durante los primeros doce días hábiles (escenario 2)* *72*
Tabla 56. *Resultados de la simulación del escenario 2* *72*
Tabla 57. *Comparación del escenario 2 vs la situación real*..... *73*
Tabla 58. *Rendimientos de los analistas 3, 4 y 5 para el escenario 3* *73*
Tabla 59. *Cantidad de las solicitudes del escenario 3*..... *73*
Tabla 60. *Tiempo promedio en el sistema del escenario 3* *74*
Tabla 61. *Comparación del escenario 3 vs la situación real*..... *74*
Tabla 62. *Cuadro comparativo de las alternativas propuestas* *74*
Tabla 63. *Cuadro comparativo de los resultados de la simulación*..... *75*
Tabla 64. *Cantidad de clientes según el nivel de responsabilidad* *84*
Tabla 65. *Filtros utilizados de la plataforma de la microfinanciera*..... *85*
Tabla 66*.Estimación de la diferencia del analista 1 y 2 (T.Individual)*..... *86*
Tabla 67. *Prueba de hipótesis del analista 1 y 2 (T.Individual)*..... *86*
Tabla 68. *Estimación de la diferencia del analista 1 y 3(T.Individual)*..... *86*
Tabla 69. *Prueba de hipótesis del analista 1 y 3 (T.Individual)*..... *86*
Tabla 70*.Estimación de la diferencia del analista 2 y 3(T.Individual)*..... *86*
Tabla 71. *Prueba de hipótesis del analista 2 y 3 (T.Individual)*..... *87*
Tabla 72. *Estimación de la diferencia del analista 1 y 4 (T.Individual)*..... *87*
Tabla 73. *Prueba de hipótesis del analista 1 y 4 (T.Individual)*..... *87*
Tabla 74. *Estimación de la diferencia del analista 2 y 4 (T.Individual)*..... *87*
Tabla 75. *Prueba de hipótesis del analista 2 y 4 (T.Individual)*..... *87*
Tabla 76. *Estimación de la diferencia del analista 3 y 4(T.Individual)*..... *87*
Tabla 77. *Prueba de hipótesis del analista 3 y 4 (T.Individual)*..... *88*
Tabla 78. *Estimación de la diferencia del analista 1 y 5 (T.Individual)*..... *88*
Tabla 79. *Prueba de hipótesis del analista 1 y 5(T.Individual)*..... *88*
Tabla 80. *Estimación de la diferencia del analista 2 y 5 (T.Individual)*..... *88*

Tabla 81. *Prueba de hipótesis del analista 2 y 5 (T.Individual)* *88*
Tabla 82. *Estimación de la diferencia del analista 3 y 5 (T.Individual)*..... *88*
Tabla 83. *Prueba de hipótesis del analista 3 y 5 (T.Individual)* *88*
Tabla 84. *Estimación de la diferencia del analista 4 y 5(T.Individual)*..... *89*
Tabla 85*. Prueba de hipótesis del analista 4 y 5 (T.Individual)* *89*
Tabla 86. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 1 (T.Individual)*..... *89*
Tabla 87. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 1 (T.Individual)* *89*
Tabla 88*. Estimación de la diferencia del analista 6 y 2 (T.Individual)*..... *89*
Tabla 89. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 2 (T.Individual)* *89*
Tabla 90*. Estimación de la diferencia del analista 6 y 3 (T.Individual)*..... *90*
Tabla 91*. Prueba de hipótesis del analista 6 y 3(T.Individual)* *90*
Tabla 92. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 4 (T.Individual)*..... *90*
Tabla 93. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 4 (T.Individual)* *90*
Tabla 94*. Estimación de la diferencia del analista 6 y 5 (T.Individual)*..... *90*
Tabla 95. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 5 (T.Individual)* *90*
Tabla 96*. Estimación de la diferencia del analista 1 y 2 (T.Masiva)* *91*
Tabla 97*. Prueba de hipótesis del analista 1 y 2 (T. Masiva)*..... *91*
Tabla 98. *Estimación de la diferencia del analista 3 y 2 (T.Masiva)* *91*
Tabla 99*. Prueba de hipótesis del analista 3 y 2 (T.Masiva)*..... *91*
Tabla 100. *Estimación de la diferencia del analista 2 y 4 (T.Masiva)* *91*
Tabla 101. *Prueba de hipótesis del analista 2 y 4 (T.Masiva)*..... *91*
Tabla 102. *Estimación de la diferencia del analista 3 y 4 (T.Masiva)* *92*
Tabla 103*. Prueba de hipótesis del analista 3 y 4 (T.Masiva)*..... *92*
Tabla 104*. Estimación de la diferencia del analista 5 y 1 (T.Masiva)* *92*
Tabla 105*. Prueba de hipótesis del analista 5 y 1 (T.Masiva)*..... *92*
Tabla 106*. Estimación de la diferencia del analista 5 y 2 (T.Masiva)* *92*
Tabla 107. *Prueba de hipótesis del analista 5 y 2 (T.Masiva)*..... *92*
Tabla 108*. Estimación de la diferencia del analista 5 y 3 (T.Masiva)* *93*
Tabla 109*. Prueba de hipótesis del analista 5 y 3 (T.Masiva)*..... *93*
Tabla 110. *Estimación de la diferencia del analista 4 y 5(T.Masiva)* *93*
Tabla 111*. Prueba de hipótesis del analista 4 y 5 (T.Masiva)*..... *93*
Tabla 112*.Estimación de la diferencia del analista 6 y 1 (T.Masiva)* *93*
Tabla 113. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 1 (T.Masiva)*..... *93*
Tabla 114*. Estimación de la diferencia del analista 6 y 2 (T.Masiva)* *94*
Tabla 115*. Prueba de hipótesis del analista 6 y 2 (T.Masiva)*..... *94*
Tabla 116*. Estimación de la diferencia del analista 6 y 3 (T.Masiva)* *94*
Tabla 117*. Prueba de hipótesis del analista 6 y 3(T.Masiva)*..... *94*
Tabla 118. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 4(T.Masiva)* *94*
Tabla 119. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 4 (T.Masiva)*..... *94*
Tabla 120*. Estimación de la diferencia del analista 6 y 5 (T.Masiva)* *95*
Tabla 121*. Prueba de hipótesis del analista 6 y 5 (T.Masiva)*..... *95*
Tabla 122. *Estimación de la diferencia del analista 1 y 4 (T.Masiva)* *95*
Tabla 123*. Prueba de hipótesis del analista 1 y 4 (T.Masiva)*..... *95*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. *Proceso de atención de solicitudes de transferencia de clientes* *9*
Figura 2*. Cantidad de solicitudes de los meses de octubre 2019 a marzo 2020*..... *10*
Figura 3*.Solicitudes recibidas en promedio por día hábil desde octubre 2019 a febrero 2020* *11*
Figura 4.*Solicitudes en cola durante los primeros doce días hábiles del mes* *12*
Figura 5. *Histograma para los tiempos de llegada del tipo de transferencia individual* *31*
Figura 6. *Histograma para los tiempos de llegada del tipo de transferencia masiva*... *31*
Figura 7. *Histograma para los tiempos de servicio del analista 3 del tipo de transferencia individual*..... *38*
Figura 8*. Configuración de la cantidad de días a simular*..... *42*
Figura 9. *Fase 1: Cantidad de analistas que realizan las transferencias por día hábil* *45*
Figura 10. *Fase 2: Llegada y espera de la solicitud* *47*
Figura 11*. Fase 2.2 Construcción de la salida de las entidades de la cola* *49*
Figura 12*. Caso 3.1: Fracción del modelo para un analista (Analista 6)* *51*
Figura 13*. Caso 3.2: Fracción del modelo para dos analistas (Analista 3 y Analista6)* *51*
Figura 14*. Caso 3.3: Fracción del modelo para el Analista 3, Analista 4 y Analista 5* *53*
Figura 15*. Caso 3.4: Fracción del modelo para el analista 3, analista 4, analista 5 y analista 6* *55*
Figura 16. *Fase 4: Registro de cantidades atendidas a tiempo o con retraso en el primer día* *58*
Figura 17. *Prueba de Normalidad de la cantidad de solicitudes atendidas de los datos originales*..... *63*
Figura 18.*Prueba de Normalidad de la cantidad de solicitudes atendidas simuladas* . *64*
Figura 19. *Prueba de Normalidad de los datos originales del tipo masiva*..... *66*
Figura 20*. Prueba de Normalidad de los datos simulados del tipo masiva*..... *67*
Figura 21. *Intervalos de confianza de los tres escenarios propuestos para el tipo de transferencia individual*..... *75*
Figura 22. *Comparación de medias del escenario 1 vs escenario 2 del tipo individual* *76*
Figura 23*.Comparación de medias del escenario 2 vs escenario 3 del tipo individual* *77*
Figura 24. *Comparación de medias del escenario 1 vs escenario 3 del tipo individual* *77*
Figura 25*. Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 1 (T.Individual)*..... *96*
Figura 26*. Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 2 (T.Individual)*..... *96*
Figura 27*. Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 3(T.Individual)*..... *97*
Figura 28*. Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 4(T.Individual)*..... *97*
Figura 29. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 5 (T.Individual)*..... *97*
Figura 30*.Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 6 (T.Individual)*..... *98*
Figura 31*. Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 1 (T.Masiva)* *98*

Figura 32. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 2 (T.Masiva)* *98*
Figura 33. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 3 (T.Masiva)* *99*
Figura 34. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 4 (T.Masiva)* *99*
Figura 35. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 5 (T.Masiva)* *99*
Figura 36. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 6 (T.Masiva)* *100*
Figura 37. *Resultados del modelo de simulación* *101*
Figura 38. *Intervalos de confianza de los tres escenarios propuestos para el tipo masiva* *115*
Figura 39. *Comparación de medias del escenario 1 vs escenario 2 del tipo masiva*.. *116*
Figura 40. *Comparación de medias del escenario 2 vs escenario 3 del tipo masiva*.. *117*
Figura 41. *Comparación de medias del escenario 1 vs escenario 3 del tipo masiva*.. *118*

INTRODUCCIÓN

Las instituciones microfinancieras se caracterizan por atender muchas veces a segmentos de ingresos medios-bajos y con activos insuficientes como garantía, asimismo, cumplen un papel importante brindándoles accesos a los servicios financieros a los emprendedores de las micro y pequeñas empresas (mypes). Según las cifras del Ministerio de la Producción, las mypes en el Perú representan más del 99% de las unidades productivas y benefician a muchas familias; por consiguiente, es imperativo que las mypes cuenten con un fácil acceso al crédito, con bajas tasas de interés y que las instituciones microfinancieras sigan apoyando a este sector. (ASBANC, 2019)

Para que las mypes accedan a productos financieros es necesario contar con un asesor crediticio de una institución microfinanciera, este asesor tiene como función evaluar el riesgo financiero del cliente, además del seguimiento y/o asesoramiento del crédito durante el periodo que el cliente decida.

En la Institución microfinanciera en estudio, los asesores no trabajan todos los días del año puesto que toman vacaciones, pueden tener descanso médico, licencias de maternidad o paternidad, renuncias y ascensos entre otros, esto conlleva a que los clientes no puedan seguir accediendo a productos financieros oportunamente y no cuenten con el asesoramiento que la institución les debe ofrecer, debido a ello, los clientes deben de ser transferidos en el menor tiempo posible a otros asesores. Cabe recalcar que las transferencias de clientes las realiza un equipo de analistas en un área denominada Área Central.

Estas transferencias históricamente tienen retrasos de hasta siete días hábiles, lo que ocasiona malestar e incertidumbre a los clientes y posibles pérdidas a la microfinanciera.

El objetivo de la presente investigación fue encontrar una forma de reducir el tiempo de espera a menos de dos días hábiles para las transferencias de clientes entre asesores crediticios usando simulación.

Se usaron los datos de las solicitudes de transferencias obtenidos durante el periodo entre octubre (2019) y marzo (2020), se estimaron las distribuciones de probabilidad de los tiempos entre las llegadas de las solicitudes de transferencias y los tiempos promedios en

los que se hizo efectiva la transferencia, luego se construyó el modelo de simulación y se validó para poder realizar la experimentación con diversos escenarios.

Se obtuvo como resultado principal una alternativa que de ser implementada disminuiría el tiempo de espera promedio en un 95%, la cantidad de solicitudes atendidas a tiempo se incrementaría en 304 y la cantidad de solicitudes atendidas con retraso sería nula.

El informe de investigación está estructurado de la siguiente manera:

En el capítulo I se presenta el planteamiento del problema que existe en la institución microfinanciera y el objetivo de la investigación.

En el capítulo II se presenta la descripción del sistema y el análisis del proceso en estudio.

En el capítulo III se presenta el marco referencial, es decir, los antecedentes, las bases teóricas y el marco conceptual

En el capítulo IV se da a conocer la metodología, se describen las actividades realizadas como son los análisis estadísticos descriptivos e inferencial y la evaluación de las distribuciones de probabilidad entre otras actividades.

En el capítulo V se presentan los resultados de las simulaciones realizadas en el software Arena y su interpretación respectiva, para brindar propuestas para lograr el objetivo general planteado.

En el capítulo VI se menciona las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

CAPÍTULO I PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La institución microfinanciera que se estudia en la presente investigación consta de una sede central en Lima y más de 180 agencias en todo el Perú. Se tiene el Área Central, que se encarga de realizar la transferencia de clientes de un servidor, llamado asesor, a otro(s) porque dichos asesores dejan de laborar temporal o permanentemente, ya sea por vacaciones, licencia de paternidad o maternidad, renuncia del asesor, trasladado a otra agencia y descanso médico, por el ascenso del asesor o incremento de dotación, esto último se da cuando el asesor no debe contar con más de la cantidad permitida establecida por los lineamientos de la microfinanciera que está en el Anexo 1.

Existen dos tipos de solicitudes: Transferencia individual y Transferencia masiva, es del primer tipo cuando solo un cliente es transferido a otro asesor, es del segundo tipo cuando los clientes del asesor saliente son repartidos a otro(s) asesores; es necesario destacar que el tiempo de atención de cada tipo es diferente.

Las solicitudes de transferencia de clientes son enviadas por una persona encargada de varios asesores de cada agencia llamado líder. Las solicitudes son enviadas al área de Ayuda y luego esa área las envía al Área Central.

Actualmente se encuentran laborando 4 analistas en el Área Central, pero la cantidad de analistas asignados por día para realizar las transferencias varía, se ha analizado que no atienden a tiempo las solicitudes de transferencia de clientes en los primeros doce días hábiles del mes que existe más demanda, esta situación hace suponer que la cantidad de analistas asignados para realizar las transferencias no es suficiente.

Algunas veces los líderes tienen que esperar más de dos días para saber a quién(es) han sido transferidos los clientes de su agencia, con el correspondiente malestar del cliente que no recibe servicio ni sabe a quién acudir, los clientes que no han sido reasignados no disponen de un asesor que haga seguimiento a su crédito mientras la solicitud de transferencia no sea atendida, además el número de clientes por cada asesor debe ser actualizado diariamente para que los indicadores de productividad muestren las metas reales tanto de los asesores como de las agencias. Es política de la empresa que el tiempo,

desde que ingresa la solicitud hasta que se hace efectiva la transferencia debe ser menor de dos días hábiles de tal manera los asesores sigan acompañando al progreso de sus clientes, contribuyendo al crecimiento económico del país y al mismo tiempo seguir generando utilidades a la institución.

Luego de que se ha analizado la problemática se plantearon las siguientes interrogantes:

1.2 Problema general y problemas específicos

Problema general

¿Cómo reducir el tiempo de espera a menos de dos días hábiles para las transferencias de clientes entre asesores crediticios en una institución microfinanciera del Perú?

Problemas específicos

1. ¿Cuál es la distribución de probabilidad de las llegadas de las solicitudes de transferencia de clientes entre asesores crediticios?
2. ¿Cuál es la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio de las solicitudes de transferencia de clientes entre asesores crediticios?
3. ¿Cómo representar el proceso de atención de las transferencias de clientes entre asesores crediticios en un modelo de simulación?
4. ¿Cómo obtener la alternativa que permita reducir el tiempo de espera a menos de dos días hábiles?

1.3 Objetivos

Objetivo principal

Determinar una forma de reducir el tiempo de espera a menos de dos días hábiles para las transferencias de clientes entre asesores crediticios en la institución microfinanciera del Perú, usando simulación

Objetivos específicos

1. Estimar la distribución de probabilidad de las llegadas de las solicitudes de transferencia tal que refleje la realidad del fenómeno.

2. Estimar la distribución de probabilidad del Área Central para realizar las transferencias de clientes entre asesores crediticios.

3. Representar el proceso de transferencias de clientes entre asesores crediticios, construyendo un modelo de simulación en Arena.

4. Encontrar la alternativa que permita que el tiempo de espera sea menos de dos días hábiles experimentando con el modelo de simulación.

1.4 Justificaciones

Justificación teórica

El presente trabajo de investigación utiliza la simulación de sistemas discretos, ya que es una herramienta que permite modelar sistemas de líneas de espera complejos, los métodos analíticos no toman en cuenta las variaciones en los parámetros de los tiempos entre llegadas y el de servicio durante el mes. Asimismo, la realidad de la institución microfinanciera no se ajusta a los supuestos de los modelos analíticos; por el contrario, la simulación permite la experimentación sin costos económicos ni sociales, pues, se puede hacer la experimentación en un medio computacional para determinar cómo reestructurar la fuerza laboral sin incurrir en pagos de contratación o despido.

Justificación Socioeconómica

El diario *El Peruano*(28/04/2020), resaltó que las mypes desempeñan un papel central en el desarrollo de la economía peruana, porque crean alrededor del 85% del total de puestos de trabajo y generan aproximadamente el 40% del producto bruto interno. Por tanto, a medida que la cantidad de mypes aumenta, genera más puestos de trabajo para la población y una de las distintas maneras de ayudarlos es que accedan a servicios financieros, asesorados por un asesor crediticio. Cuando los asesores crediticios dejan de laborar, temporal o permanente, en la institución microfinanciera, se necesita que otros asesores se hagan cargo de sus clientes. Por eso es importante realizar una investigación que permita hacer las transferencias de clientes entre los asesores en el menor tiempo posible. Así, los clientes podrán acceder a más productos financieros, sus negocios

crecerán y, al mismo tiempo, la institución microfinanciera seguirá aportando al crecimiento del país.

El presente trabajo de investigación contribuye al logro del objetivo de desarrollo sostenible 8: Trabajo decente y crecimiento económico; particularmente, apoya a que se cumpla la meta de promover el crecimiento de las pequeñas empresas mediante el acceso a servicios financieros.

Justificación Metodólógica

El presente trabajo de investigación contribuye a establecer una metodología para experimentar con diferentes escenarios en sistemas complejos usando un software de simulación Arena, con el propósito de evaluar la efectividad de dichos escenarios propuestas.

CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Para una mejor comprensión del presente trabajo de investigación es necesaria una breve descripción de la empresa, especialmente del proceso de transferencias, lo cual se presenta a continuación.

La Institución microfinanciera consta de una sede principal ubicada en Lima con más de 40 años en el mercado y tiene como misión acompañar y ayudar al progreso de sus clientes. Brindan servicios de préstamos, cuenta de ahorros, seguro vehicular, etc. Sus principales clientes son los empresarios de las mypes.

La institución cuenta con diferentes áreas como: Gestión Estratégica, Gestión de Recursos Humanos, Atención al Cliente, Gestión Financiera, Gestión Comercial, Gestión Jurídica, entre otros. Se analizó las áreas de Gestión Comercial y Gestión estratégica (específicamente, el Área Central, que está incluida en esta última).

En el área de Gestión Comercial laboran los siguientes profesionales. El asesor crediticio se encarga de brindar y/o evaluar préstamos, y de hacerles seguimiento a sus clientes. Los asesores de la microfinanciera pueden ser diferenciados por dos tipos. El tipo A gestionará préstamos para clientes que tienen pequeñas empresas; el tipo B se centra en clientes que tienen medianas empresas. Cuando los asesores no tienen experiencia empiezan con el puesto de nivel cinco, son capacitados durante 4 meses y luego se le asigna el tipo ya sea A o B. Pueden ascender de puesto a los niveles cuatro, tres, dos o uno, dependiendo a la cantidad de clientes que asesoren.

El líder de agencia es el encargado de un grupo de asesores por cada agencia. Un líder como mínimo tiene a cargo diez asesores y principalmente supervisa su productividad. Es quien debe pedir la transferencia de clientes o de cartera mediante una solicitud cuando el asesor no pueda atender a sus clientes por diferentes motivos. Tal solicitud es enviada al Área de Ayuda, que labora de 9:00 a. m. a 8 p. m.

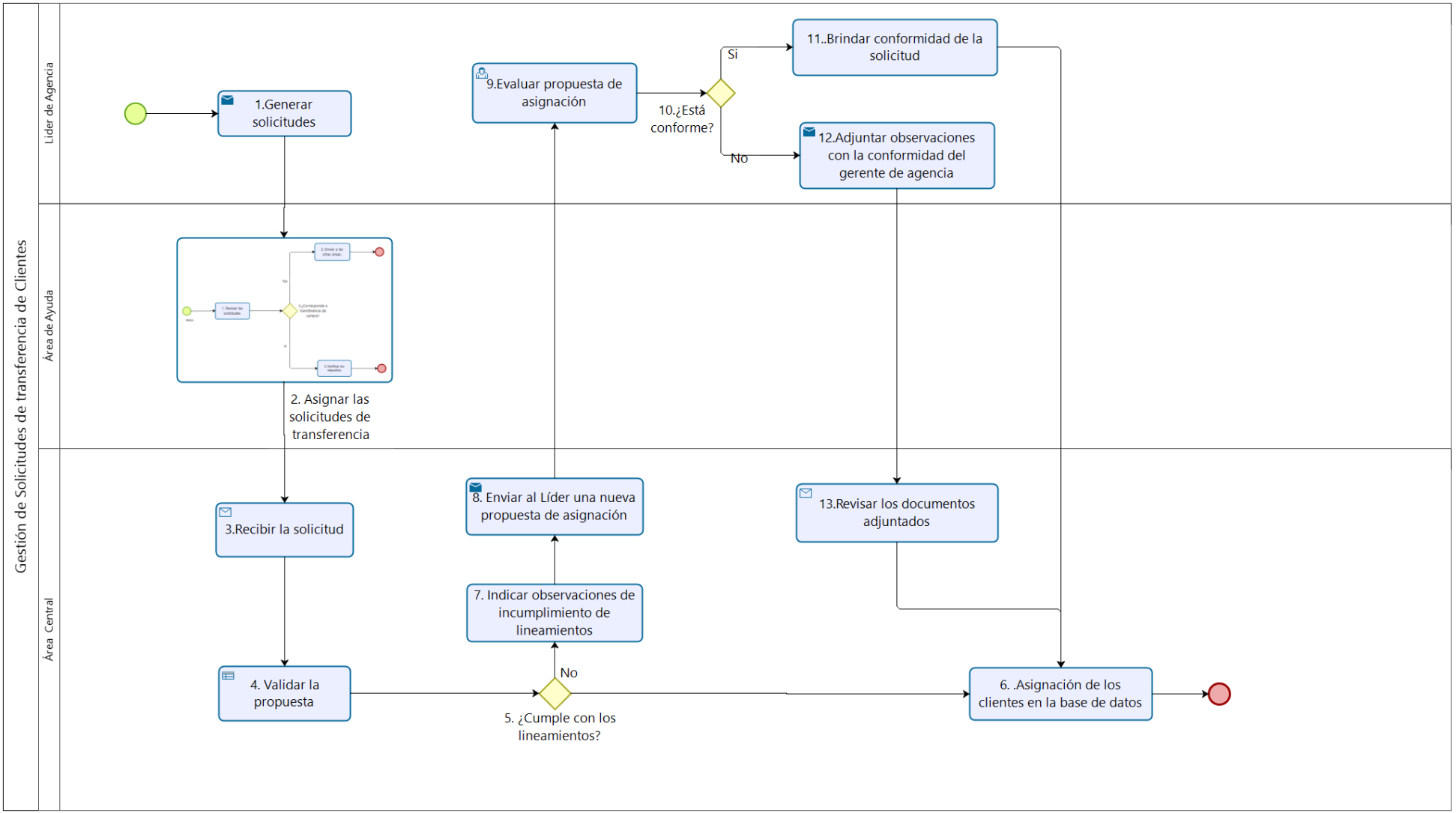
Está en comunicación continua con los líderes. Su función es que se cumplan los cuatros indicadores de meta (cartera, morosidad de clientes, tasas y clientes).

Por otro lado, dentro de la Gestión Estratégica se encuentra el Área Central, hay cuatro analistas que se encargan de proveer información a los líderes sobre el seguimiento de las

tasas, reportes de productividad, reportes de clientes morosos y realizar las transferencias de clientes, dicha información es requerida mediante una solicitud que es enviada por el Área de Ayuda. Las funciones de los analistas son asignadas por el jefe del área, laborando desde las 9:00 a.m. a 6 p.m.

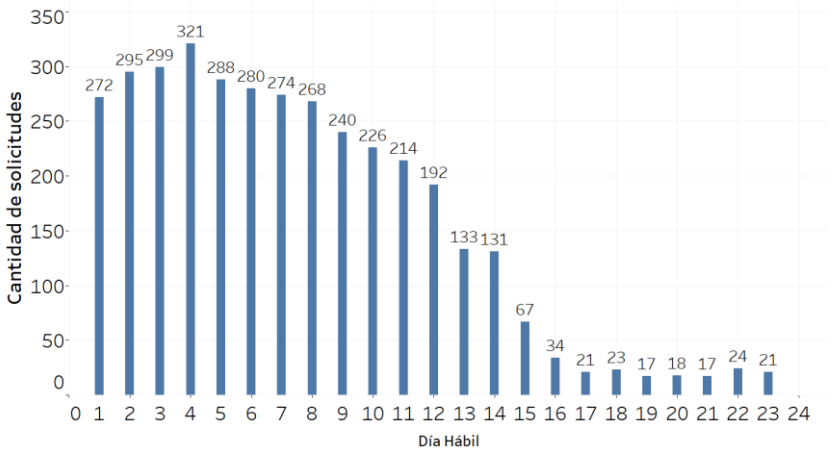
En la Figura 1 se presenta el diagrama de proceso de las transferencias de clientes entre asesores crediticios. Cabe resaltar que solo se ha obtenido información de las transferencias que no fueron rechazadas. Cuando una solicitud es rechazada, es decir, no cumple con los lineamientos de la empresa, regresa al líder lo que retrasa la atención de la solicitud.

Figura 1. Proceso de atención de solicitudes de transferencia de clientes



La cantidad total de llegadas de solicitudes de transferencia de los seis meses organizadas según del día hábil de cada mes se muestra en la Figura 2.

Figura 2. *Cantidad de solicitudes de los meses de octubre 2019 a marzo 2020*



Como se puede observar en los primeros once o doce días hábiles existe una mayor cantidad de solicitudes, lo que se comprueba en la Tabla 1, el 74.12% de las solitudes han sido recibidas por el Área Central durante ese periodo de días.

Tabla 1. *Cantidad de solicitudes por cada mes*

	Tipo de solicitud de transferencia			
	día 1al 12		día 13 a más	
Mes/ Año	Transferencia individual	Transferencia masiva	Transferencia individual	Transferencia masiva
Octubre2019	198	258	45	70
Noviembre2019	211	239	43	66
Diciembre 2019	221	196	73	55
Enero 2020	220	261	185	146
Febrero 2020	289	212	112	69
Marzo 2020	245	174	56	31
Total	1384	1340	514	437
	74.12%		25.88%	

En la Tabla 2 se presenta los volúmenes de transferencia por tipo, el 51.64 % son de transferencia masiva y el 48.35% de transferencia individual.

Tabla 2. *Cantidad de solicitudes por cada tipo de transferencia*

Tipo de solicitud	Cantidad	Porcentaje
Transferencia individual	1898	51.64%
Transferencia masiva	1777	48.35%
Total	3675	100%

Como ya se ha mencionado, el tiempo de espera de un día es considerado adecuado. Si se realiza en un tiempo de espera de dos días a más se considera como retraso. Se obtuvo que algunas solicitudes han estado en cola como máximo de siete días y un mínimo de un día para ser atendida.

Tabla 3. *Cantidad de solicitudes atendidas con un tiempo de espera de 1 día a 7 días*

	Tiempos de espera						
Mes	1 día	2 días	3 días	4 días	5 días	6 días	7 días
Octubre	418	3	44	15	91		
Noviembre	303	154	29	41	11	10	11
Diciembre	112	159	153	102	19		
Enero	98	395	125	131	63		
Febrero	102	440	108	32			
Marzo	266	91	125	24			
Total	1299	1242	584	345	184	10	11

La mayoría de las solicitudes no son atendidas el mismo día que llegan al Área Central, sino que se van acumulando para el día siguiente, lo que causa que sean atendidas en un tiempo igual o mayor a dos días, como se muestra en la Tabla 3. A pesar de que a partir del día 13 la cantidad de solicitudes es pequeña los retrasos se mantienen, pues ha quedado una cola de solicitudes no atendidas de los primeros doce días. Por ello, se puede afirmar que resolviendo el problema de retrasos durante los primeros doce días, ya no habrá retrasos en los días restantes del mes.

En la Figura 3 se muestra las solicitudes recibidas en promedio por el Área Central los primeros doce días hábiles de cada mes desde octubre del 2019 a marzo del 2020, como se puede observar las solicitudes llegan, pero no son atendidas todo el mismo día, dejando en cola como se muestra en la Figura 4.

Figura 3.*Solicitudes recibidas en promedio por día hábil desde octubre 2019 a febrero 2020*

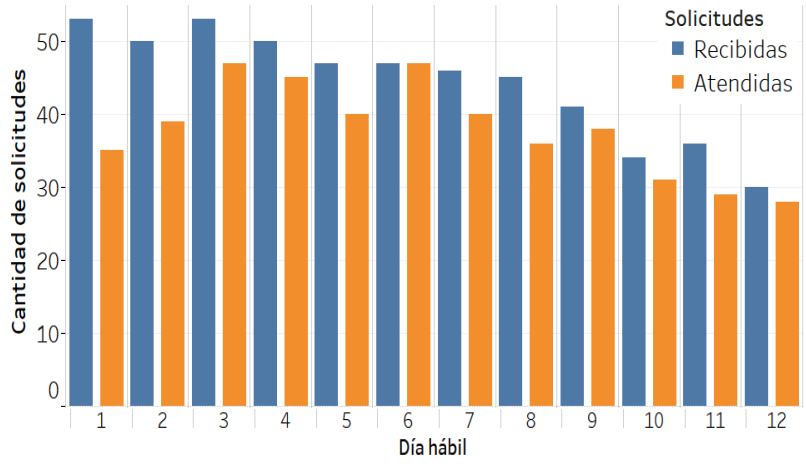
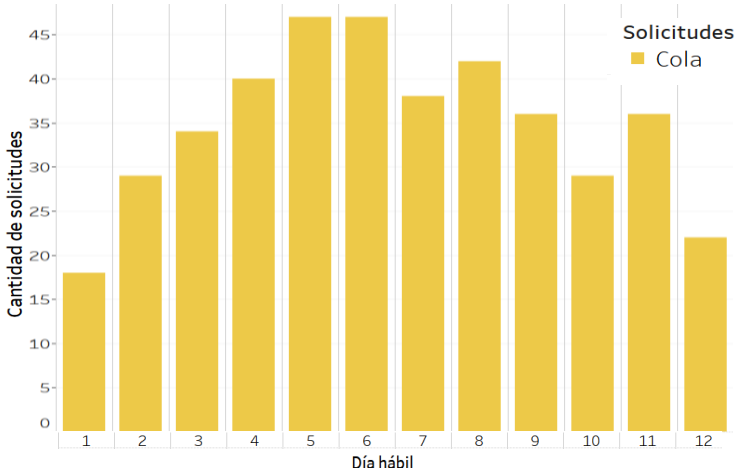


Figura 4.*Solicitudes en cola durante los primeros doce días hábiles del mes*



Por lo tanto, se plantea trabajar la simulación para los doce primeros días hábiles del mes, con el fin de que disminuya el tiempo desde que llega la solicitud al Área Central hasta que sea atendida la transferencia.

CAPÍTULO III: ESTADO DEL CONOCIMIENTO

Para la mejor comprensión de la siguiente investigación se presenta algunas investigaciones relacionadas, las bases teóricas de los temas tratados y los conceptos involucrados:

3.1 Antecedentes

Olarte (2019), analizó las líneas de espera en la agencia de un banco ubicado en Cusco, él ha analizado que la atención en las mañanas son más rápidas debido a que hay poca afluencia de personas, pero en las tardes la atención es ineficiente generando reclamos de los clientes por falta de personal, ya que al contar con un solo cajero no se llegan atender a todos los clientes, el tesista hizo un estudio de líneas de espera para que el servicio se muestre eficiente en todo momento y así se logre la misión del banco, que es de acompañar a sus clientes oportunamente. Utilizó los datos recolectados de una semana del mes de octubre (2017), 1486 registros, luego se analizaron pruebas de homogeneidad y las distribuciones con el Software informáticos de R Project (R) obteniendo que tiempo entre arribos tiene una distribución exponencial con media de 1.29 minutos y el tiempo de atención tiene una distribución exponencial de media 1.6 minutos, al final en el software Promodel se ha evaluado mediante un análisis de teoría de colas con el tipo de modelo M/M/1, además se ha propuesto dos escenarios, concluyendo que la agencia debía de contar con dos servidores debido a que se podrán atender a todos los clientes con un tiempo de espera promedio de 2 minutos permitiendo así obtener más ingresos y más clientes satisfechos para el banco. Asimismo, se requiere disminuir el tiempo de espera para brindar un buen servicio. Lo que difiere con el presente trabajo es que no se usa un modelo usando teoría de colas porque la cantidad de analistas varía en diferentes días, más bien se analiza la información obtenida evaluando las distribuciones con el Minitab e Input Analizer y se simula con el software Arena, además se analizó el comportamiento durante los doce primeros días hábiles durante seis meses.

Reynoso(2018) hizo su investigación del tipo descriptiva y correlacional, analizó el problema que ocurre en un local de comida rápida llamado Pizza Palace-Lima, en este local a diario se forman largas colas para recibir el producto ocasionando malestar en los transeúntes, es por eso que el estudio tiene como objetivo reducir la aglomeración en las colas, primero se ha identificado la causa principal que la generan, con técnicas de

entrevistas que han sido evaluadas a 100 personas, luego el análisis y la observación de 8 días considerando que atienden entre las 7:00 p.m. y 9:00 p.m. los jueves, viernes, sábado y domingo, ya que en esas horas existen mayor afluencia de personas. Como resultado se obtuvo que el 58% de las personas no están satisfechas con el servicio y al 21% les gustaría no consumirla en el local, en base a ello se ha propuesto que el servicio mejorará si se implementa un personal para la atención de pedidos que no desean consumir en el local, permitiendo que el tiempo de entrega disminuya de 14.39 minutos a 3.90 minutos. La semejanza que presenta con el presente trabajo es que se busca reducir el tiempo que el cliente o en este caso el líder espera para ser atendido; sin embargo, en el presente trabajo no se usaron la técnica de las encuestas y las horas de la simulación fueron de toda la jornada laboral diaria durante los seis meses de data, se usó el Input Analizer y Minitab para los análisis estadísticos, además las entidades en este caso los líderes no recibirán un producto sino un servicio.

Chingaté (2012) presenta un sistema de líneas de espera para acceder a servicios tales como una solicitud, un pago, una asesoría, una reclamación o una adquisición en una Institución Financiera llamada Bancamía S.A. El objetivo principal fue reducir el tiempo de espera en la cola asignando de manera eficiente los trabajadores del banco, para lo cual diseñó estrategias usando la simulación discreta conforme con la necesidad de la organización y la satisfacción del cliente. El software usado fue ProModel estableciendo dos escenarios por cada centro de atención ya sea en la caja o en asesorías, modificando el aumento del personal o una estructura nueva de horario laboral, además recolectó datos de tiempos de llegadas de los clientes, los tiempos de servicio y el número de servidores de las oficinas con mayor demanda en Bogotá desde el mes de enero hasta el mes de octubre del año 2011. Tuvo como resultado que la entidad financiera satisface la demanda de clientes en los días pico; por lo tanto, se ha simulado tomando en cuenta la meta que tiene el banco de atender un millón clientes, concluyendo que se necesitaría cuatro gestores comerciales y tres personas en la caja permitiendo que el tiempo de espera disminuya a 3.90 minutos para recibir atención en la caja, mientras que en la atención de asesoría logrará atender excepto a 11 clientes. De igual manera, esta investigación pretende utilizar la simulación para brindar una propuesta de mejora reduciendo los tiempos de espera en la atención de las transferencias en una institución microfinanciera, reestructurando la fuerza laboral para atender la mayor cantidad de solicitudes en los primeros doce días hábiles del mes, que es cuando hay mayor demanda. Sin embargo,

esta investigación trata solo con un tipo de servicio y no solo se quiere reducir los tiempos de espera, sino que también reducirlos a menos de dos días , usando el software Arena, asimismo, se ha simulado con la cantidad de solicitudes obtenidas durante seis meses y no con una cantidad meta por atender.

Uribe, Vásquez, Usuga y Ceballos (2017) presentaron un artículo sobre el sistema de atención de una entidad promotora de salud (EPS), en la cual existían tiempos de espera mayores a una hora y dicha aglomeración de personas ocasionaba quejas por las demoras al hacer los trámites en la entidad. Su objetivo fue disminuir los tiempos de espera a 15 minutos para evitar una sanción por parte de la superintendencia de salud colombiana. Se identificó los procesos de atención al usuario, luego recolectaron los datos presencialmente de un día, identificando que las horas de mayor afluencia eran de 4:00 p.m. a 5:00 p.m., se ha modelado la situación usando simulación mediante Arena con el propósito de hacer una propuesta de mejora, la cual consistió en aumentar cinco analistas en el sistema de atención logrando así el objetivo. La similitud con la presente investigación se busca disminuir los tiempos de espera determinando si es necesario contratar nuevos analistas para que los clientes queden satisfechos y las utilidades de la entidad sigan incrementando. Aunque el contexto es diferente, pues la presente investigación está en el sector financiero y no el de salud, además el tiempo durante el cual se recolectaron los datos fueron seis meses considerando el horario de ocho horas laborables, desde 9:00 a.m. hasta 6:00 p.m.

Sevilla y Poma(2016), hicieron un estudio en la empresa Telefónica Móviles S.A, específicamente en el área de servicio de atención al cliente de todos sus locales de la empresa de telecomunicaciones, debido a que la empresa se ha propuesto una meta que el 85% de los clientes que quieran recibir cualquier tipo de atención no debe de esperar más de 15 minutos, los tesistas identificaron que solo pasaba en algunos locales a nivel nacional, por consecuencia tuvieron como objetivo mejorar el proceso de atención presencial por medio de la disminución de los tiempos de espera. Usaron la simulación de eventos discretos con el software Arena y recolectaron datos de los cinco primeros meses del año 2013, la cual fue obtenida del sistema de gestión de oficinas llamado BMatic, esta herramienta es usada por la empresa para asignar números de atención a cada cliente. El estudio tuvo como resultado hacer una reformulación de prioridades de los tipos de clientes con el software Arena no alterando el número de empleados, la

infraestructura del lugar o la cantidad de horas laborables, obteniendo que los clientes que esperaban 2 minutos aumentaran a 4 minutos, un tiempo no tan significativo y eso ayudó al área de atención brindar servicio a tres clientes más por hora. Las semejanzas que se presentan es que ambos utilizan la simulación de eventos discretos con el software Arena y como objetivo reducir los tiempos de espera para atender la mayor cantidad de la demanda posible. Las diferencias es que no se utilizó el sistema BMatic para la recolección de datos, más bien se utilizó la plataforma que la institución financiera usa para enviar solicitudes a las diferentes áreas, y como alternativa de solución este trabajo de investigación no se consideró establecer prioridades de atención.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Simulación de Sistemas

Antes de describir qué es la simulación de sistemas, se mencionarán algunas definiciones que son importantes de recordar.

Ackoff (1974), menciona que un sistema es una entidad compuesta por al menos dos elementos y una relación, además es un conjunto de elementos que están conectados con otros ya sea directa o indirectamente.

Un modelo lo define Banks y Sokolowski (2009) como la representación detallada del sistema con el fin de comprenderlo; asimismo, a medida que cambie el propósito de la investigación se requerirán diferentes modelos del mismo sistema; pero un modelo de simulación según Winston (2005), “Por lo general toma la forma de un conjunto de suposiciones acerca de la operación del sistema, expresado como relaciones matemáticas o lógicas entre los objetos de interés en el sistema” (p.1145).

Shannon (1988), “La simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo, con el propósito de entender el comportamiento del sistema y/o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema” (p.12).

Winston (2005), “Se podría definir como una técnica que imita la operación de un sistema del mundo real a medida que evoluciona con el tiempo (…) se debe recalcar que la simulación no es una técnica de optimización” (p.1145).

Harrington y Tumay (1999), “La simulación permite experimentar con un modelo del sistema para comprender mejor los procesos, con el fin de mejorar la actividad en las empresas” (p.2).

“Esta técnica involucra el uso de una computadora para imitar (simular) la operación de un proceso o sistema completo” (Hiller y Lieberman, 2010, p.871).

Luego de tener noción de las definiciones mencionadas por los autores, se puede definir qué es la simulación:

La simulación es una técnica que imita el sistema real a través de un modelo y es construido en un computador para comprender el comportamiento del sistema e identificar soluciones de mejora evaluando diferentes estrategias.

La simulación de sistemas está siendo utilizada desde el año 1981, además se exponen distintas aplicaciones anualmente en The Winter Simulation Conference, en la cual se han presentado trabajos aplicados en el sector de producción, ingeniería de la construcción y gestión de proyectos, aplicaciones militares, aplicaciones de logística, cadena de suministro y distribución, transporte y tráfico, salud, etc. (Banks et al., s.f)

Muchas de las aplicaciones han recurrido a la Simulación debido a la complejidad del sistema ya que un modelo analítico toma en cuenta parámetros que no cambian durante el tiempo, pero con el uso de la simulación se modelan situaciones difíciles de modelar; además por la gran potencia de cálculo de las computadoras brindan una solución rápida en la mayor parte de los problemas que son modelizados. (Cao,2002)

Robinson, Brooks, Kotiadis y Van der Zee(2011), mencionan que para usar la herramienta de simulación es necesario hacer el primer proceso llamado modelado conceptual, que consta de realizar las siguientes actividades: entender la problemática, plantear objetivos, comprender los componentes del sistema(entradas y salidas), las interacciones y el alcance. Si se implementa en el software no tomando en cuenta un modelo conceptual se puede decir que no se obtendrá resultados útiles para cumplir con los objetivos, ya que es uno de los aspectos más importantes de un proyecto de simulación, porque un modelo bien diseñado aumenta significativamente el éxito de un estudio de simulación.

Pasos para elaborar un modelo conceptual:

1. Comprender la situación del problema: En este paso es importante entender la situación que está afectando al sistema o al proceso, se desea que el modelador sea experto en explicar el problema con claridad. Normalmente existen tres escenarios que el modelador puede encontrar, el primero es que la situación problemática se expresa claro y comprensible(no es frecuente), la situación problemática sea aparentemente comprensible y expresa bien(realmente no lo es) y por último la situación del problema no se comprende ni se expresa bien; si se presenta el primer caso se deberá de tener una discusión entre los clientes tomando nota sus opiniones para la validación, en el segundo caso es comprender las causas y los efectos y por último en el tercer escenario recurrir a metodologías especializadas como metodología de sistemas suaves, metodología para la formulación de problemas en simulación, entre otros.

2. Determinar el modelado y los objetivos generales del proyecto: En este paso lo primero es que el modelador debe de conocer los objetivos de la organización que es muy diferente con lo que se quiere hacer con el modelo, luego se deberá de identificar cómo la simulación contribuiría en lo que se ha planteado, tomando en cuenta el logro, el desempeño y las restricciones.

3. Identificar los outputs del modelo: En este caso es factible poder identificar lo que se quiere lograr, debido a que el objetivo se relaciona con los resultados del modelo.

4. Identificar los inputs del modelo: Los inputs o los factores experimentales son aquellos datos del modelo que se pueden cambiar para lograr el objetivo, es decir, son los medios de los que se proponen para alcanzar el objetivo, puede ser datos cuantitativos (número de empleados, velocidad del servicio) o cualitativo (cambios en la estructura del modelo).

5. Determinación del contenido del modelo: En este proceso se deberá de determinar el alcance del modelo y existen 3 pasos para poder determinarlo, el primer paso es identificar el límite del proyecto tomando en cuenta los inputs y outputs, como segundo paso es identificar todos los componentes(entidades, actividades, colas y recursos) que se relacionan con los inputs directamente, por ejemplo: la cantidad de personal; como último paso es analizar si es necesario tomar en cuenta todos los

componentes y luego eliminarlas, pero aquí es donde proviene la pregunta ¿Si se eliminan, el modelo será más preciso?.

El segundo proceso es la codificación, que es el proceso de diseñar el modelo conceptual a un medio computacional; después de ello sigue el tercer proceso que es la experimentación con el modelo computacional obteniendo así las posibles soluciones, y por último es la implementación de la mejor alternativa de solución a la situación problemática, estos cuatro procesos son considerados claves por los autores mencionados para realizar la simulación, además consideran que tanto la validación y verificación es de manera constante en cada proceso, mientras que algunos autores como Coss(2003), Izar(1998) y Torres(2010) lo consideran como pasos independientes.

Con respecto a los tipos de simulación, Peralta (2012) menciona que existen tres tipos de simulación que son utilizados para la representación de sistemas complejos que son: la dinámica de sistemas (DS), la simulación de eventos discretos (SED) y la simulación basada en agentes (SBA). La SED es cuando hay cambios de estados en cada intervalo de tiempo, mientras que la DS o simulación de eventos continuos es cuando los cambios de estados son constantemente en un intervalo de tiempo. El último tipo que es la SBA, explican el cómo se originan las estructuras sociales a partir de las acciones individuales, y en paralelo en cómo las creencias, deseos y oportunidades de los individuos son afectadas por dichas estructuras, integrando ambos aspectos macro y micro de la realidad. (García,2011)

Mientras que Torres (2010) define que la simulación de sistemas es clasificada generalmente por eventos y por procesos. Definiendo que la simulación de eventos de ocurrencia es cuando solo se enfoca en los eventos, enfatizando que la palabra de eventos es descrita como un hecho que sucede en un instante de tiempo. El otro enfoque de la simulación de procesos es cuando se quiere dar la representación del funcionamiento de un sistema a través del flujo del proceso.

3.2.2 Simulación por procesos (SP)

Según Fullana y Urquía (2009), la simulación permite que los procesos nuevos o existentes puedan proyectarse y evaluarse sin el riesgo de que el sistema actual pueda ser afectado, esto conlleva a que las empresas puedan tener una mejor compresión desde una perspectiva sistémica sobre las causas y efectos de los procesos a estudiar, además el

sistema está conformado por un conjunto de procesos relacionados, que están definidos como un conjunto de actividades relacionadas secuencialmente. Para el análisis del proceso se seguirá los siguientes pasos:

1. Representación del proceso: Es la construcción gráficamente del flujo del proceso, uno de los más relevantes es el método de los flujogramas que permite mostrar las actividades detalladamente de un proceso usando elementos como conectores, líneas de flecha, decisión, entre otros.

2. Análisis del proceso de actuación: En este paso se obtienen los datos de cada proceso con sus respectivas actividades, obteniendo así el costo, el tiempo del proceso o el rendimiento, con la ayuda de un programa computarizado se podrán reflejar un flujo que presenta varios bloques.

3. Diccionario de proceso de conocimiento: Es el almacenamiento de información por cada proceso, los más usuales son los procedimientos operativos, instrucciones de trabajo o documentos de formación, que deben de estar organizados y accesibles para los empleados.

4. Análisis de la variación en el proceso: En este paso se analizan los cambios que provocan variaciones en el proceso como: Un flujo de trabajo irregular, al contar con equipos antiguos, variación estacional, entre otros; con el propósito de predecir la variación total de todo el proceso.

5. Animación del flujo de proceso: En este paso se diseña el proceso en la computadora con el fin que se muestre la animación de los recursos que no se están utilizando.

6. Control del flujo de trabajo: Se identifica las entradas al sistema, el tiempo de servicio y las salidas.

Estos pasos mencionados han sido para hacer un mejor análisis de un proceso en lo siguiente se describirá los elementos que participan en la simulación con los procesos.

Simulación de procesos de líneas de espera

Belbel, Abdo, A. y Abdo, A.,(2018), mencionan que normalmente casi todas las personas han tenido que esperar para poder recibir un servicio, a este línea o cola que se forma se llama líneas de espera, es muy común verlos en los supermercados, bancos, cines, centros comerciales, etc; que pueden ser formados en el caso de la producción de un producto, cuando hay un conjunto de materia prima que se necesita de la máquina para ser transformado, o en caso si la entidad son personas, cuando la demanda es irregular o el tiempo de servicio varía significativamente por cada persona.

Cuando existen los problemas de colas, muchas de las personas prefieren evitarlo e ir a otro lugar ocasionando que las empresas no tengan mejores utilidades y sean menos competitivos. Para que estas empresas se muestren eficientes es necesario optar por la simulación, pues muchos de los procesos pueden ser simulados sin alterar la situación real de la empresa ya que no se experimenta con las entidades y recursos presencialmente. Por ejemplo un proceso de atención a simular es cuando se desea obtener un préstamo bancario, lo que la mayoría de las personas prefieren es ir a la entidad financiera, pero al momento en que llegan se dan cuenta que existe colas para ingresar, ante esta situación algunos deciden retirarse u otros deciden esperar, si ellos deciden esperar llegarán ser atendidos por un asesor, que normalmente tienen un tiempo determinado en minutos o quizás horas para brindar información; si el cliente está convencido de obtener el préstamo de la entidad acepta y firma el contrato, pero si no es así se retira y busca información en otra entidad. Este ejemplo es más conocido como problemas de procesos de líneas de espera, estos son algunos elementos que se recogen de manera general, que son los siguientes elementos: entidades, atributos, recursos, y variables.

- Entidades: Son los elementos que ingresan al sistema para recibir un servicio, se representan como las entradas y salidas. Torres (2010)
- Atributos: Un atributo es una característica de las entidades como la fecha de caducidad, tipo de prioridad, color; que permite diferenciarse a otras entidades asignándole un valor específico. Kelton, Sadowski y Sturrock (s.f.)
- Variables: Una variable es una pieza de la información que refleja algunas características del sistema, es independientemente de las cantidades y los tipos de entidades que se encuentran dentro del sistema; asimismo se pueden tener muchas variables en un modelo. Existen dos tipos de variables la primera es variables construidas en Arena (Cantidad en la cola, la cantidad de recursos en la cola, etc)

y las variables definidas por el usuario (Cantidad en el sistema, turno actual, etc). Estas variables no están vinculadas a alguna entidad en específico, sino que pertenecen al sistema en general. (Kelton et al., s.f)

- Recursos: Está definido como los elementos que soporta ya sea directa o indirectamente a las entidades. Torres (2010)

Estos elementos son importantes identificarlos antes de construir un modelo de simulación en el software preferible.

3.2.3 Software Arena

El software Arena es una herramienta que es utilizada para modelar eventos discretos para obtener una representación del sistema.

Banks et al. (1984) menciona que Arena utiliza el lenguaje de simulación SIMAN, para hacer la construcción del modelo donde se muestran las colas, el estado de los recursos y el flujo de entidades; las animaciones están en 2-D y se crean utilizando las herramientas de dibujo integradas en el software, el AutoCAD, Visio y otros gráficos. Tiene dos módulos importantes: el OPTQuest y el InputAnalizer, siendo el primero la optimización OptQuest motor que es el analizador de salida y el de proceso permitiendo la comparación de diferentes alternativas o escenarios, mientras que el InputAnalizer automatiza el proceso de seleccionar la distribución adecuada y sus parámetros para que puedan ser usados en la construcción del modelo, por ejemplo: hallando la distribución de los tiempos entre llegadas. Además, menciona que existen dos tipos de software Arena que son:

Arena Basic Edition: Representa el proceso mediante un diagrama de flujo jerárquico y almacena la información en hojas de cálculo de datos, tiene un costo que está basado en las actividades integradas con el software Visio.

Arena Professional Edition (PE): Está diseñado para modelos más detallados de sistemas discretos y continuos que emplea un modelo basado en objetos, se construyen a partir de módulos, aquellos están representados por íconos que se representan en el flujo de la entidad y además están organizados en plantillas.

Para el presente trabajo de investigación se ha usado el Arena Basic Edition versión estudiantil porque es de versión gratuita y contienen procesos diseñados.

En software Arena podemos encontrar los módulos básicos y de datos:

A continuación, los módulos básicos descritas por Torres(2012).

1. Create: Este módulo es la representación de la de llegada de las entidades, además permite nombrar el tipo de entidad.
2. Dispose: Indica la salida de la entidad, está representado al final del flujo en donde se recogen los datos de las entidades que entran al sistema y llegan al dispose.
3. Process: Este módulo tiene la opción de priorizar procesos, además de puede añadir el tiempo del proceso.
4. Decide: En este módulo indica la decisión que debe seguir el proceso. Se basa en una o varias condiciones o en probabilidades.
5. Batch: Este módulo agrupa a las entidades, los agrupa y forma una nueva entidad, la unión de las entidades puede ser temporal y permanente; es temporal debido a que en algún momento se van a separar con ayuda del módulo separate y así logrando a su estado inicial. En el módulo batch aparece la palabra Rule, es una regla de agrupamiento, y existen dos tipos, la primera regla es agrupar cualquier entidad (any entity), pero con la ayuda del módulo separate los vuelve al estado inicial, mientras que la otra regla llamada agrupar tributo (by attribute) logra mayor eficiencia debido a que evita el trabajo de dos batch y los agrupa automáticamente según el atributo de las entidades.
   Existen 4 criterios para definir los atributos de la entidad resultante.

   5.1. First: La nueva entidad resultante toma los atributos de la primera entidad que ingresó.
   5.2. Last: La nueva entidad resultante toma los atributos de la última entidad que ingresó.
   5.3. Sum: La nueva entidad resultante toma la suma de los atributos de valor numéricos.
   5.4. Product: La nueva entidad resultante toma la multiplicación de los atributos numéricos.
6. Separate: Como ya se ha mencionado se utiliza para separar los batch y volverlos a su estado inicial, al dividirlo las entidades salientes pueden mantener los valores de sus atributos originales.

7. Assign: En este módulo se van a asignar valores a las variables, atributos y entidades.
8. Record: Es usado para la recolección de estadísticas como: los tiempos de espera, tiempos en el sistema, cantidad de entidades, entre otros.

Además, algunas distribuciones que se pueden asignar a un proceso o una entidad en el Arena son: Distribución Normal, Distribución Lognormal, Distribución Poisson, Distribución Uniforme, Distribución de Erlang, entre otros. Cabe recordar que el Input Analizer estima las distribuciones, en algunos casos los números que acompañan a la distribución son denominados offset, los offset evitan que la distribución obtenida tome valores negativos o ceros.

3.3 Marco Conceptual

En la tabla 8, se definen las variables usadas en la presente investigación.

Tabla 4. *Variables usadas en la investigación*

Variable	Definición	Tipo
HLLSTqi	Hora de llegada de q ésima solicitud de transferencia en el día i	Hora/Día/Mes/Año
HISTqi	Hora de inicio de servicio de la q ésima solicitud de transferencia en el día i	Hora/Día/Mes/Año
HDATk	Horas laborables por cada servidor(analista) k	Horas
CSi	Cantidad de servidores en el día i	Número
TSTkm	El tiempo de servicio que emplea el servidor k en atender una solicitud de tipo m.	Horas
PTEST	Tiempo promedio de espera, desde que ingresa hasta que es atendida la solicitud de transferencia de los doce primeros días hábiles del mes	Horas
STAO	Solicitudes de transferencia de clientes atendidas a tiempo en los primeros doce días hábiles del mes.	Número
CSTR	Solicitudes de transferencia atendidas con retraso; en los primeros doce días hábiles del mes	Número
PTESTS(R)	Tiempo promedio de espera del modelo simulado si se hubiese contado con R servidores de los doce primeros días hábiles del mes.	Promedio
STAOKS(R)i	Solicitudes de transferencia atendidas a tiempo (menos de 2 días hábiles) simulada con R servidores en el día i día hábil del mes	Número
STR(R)i	Solicitudes de transferencia de clientes atendidas con retraso en el día i hábil del mes.	Número

CAPITULO IV MÉTODO

La presente investigación se ejecuta en Lima Metropolitana y se enmarca en el área de conocimiento OCDE de Matemáticas Aplicadas, en la línea de investigación de procesos estocásticos y simulación, y contribuye al ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico.

4.1 Diseño metodológico

4.1.1 Tipo de investigación

Es una investigación aplicativa, se ha planteado como variable independiente el número de analistas que deben de laborar en el Área Central, como variable dependiente el número de solicitudes de transferencia atendidas en los plazos óptimos y la variable interviniente —que puede ocasionar resultados no previstos— es que la microfinanciera cambie de personal y el personal que ellos asignen no tengan el mismo nivel de experticia que el personal que se ha analizado. Según el objeto de estudio, es transversal, porque se han tomado los datos una única vez en un intervalo de tiempo determinado.

4.1.2 Población

Se considera como población finita las solicitudes de transferencia de clientes que provienen de las 180 agencias de la institución microfinanciera, ubicadas en distintas partes del Perú.

4.2 Diseño muestral

La muestra es intencional, pues solo se cuenta con data de los meses de octubre 2019 a mediados de marzo del 2020, ha sido obtenida de la plataforma que es usada por la institución microfinanciera; específicamente se han analizado los registros atendidos por el Área Central. Algunas solicitudes no habían sido aprobados por el Área de Ayuda, habían sido cancelados o tenían datos erróneos, por lo que no se consideraron. Así, se obtuvo un total de 3675 registros como muestra.

4.3 Técnicas de recolección de datos

La información ha sido obtenida de la base de datos de la institución microfinanciera, por lo tanto, es una fuente secundaria. Se obtuvo la data con el permiso del Área Central; sin embargo, por razones de confidencialidad se ha eliminado toda evidencia que permita identificar la institución, los clientes y los trabajadores. La base de datos contiene información sobre las transferencias, los tiempos, los analistas que las trabajaron, entre otras. Solamente se extrajo los datos pertinentes a la presente investigación, mediante el siguiente instrumento de recolección de datos.

4.3.1 Instrumento de recolección de datos

En el Anexo 2 se muestra el instrumento de recolección de datos, el cual tuvo como objetivo determinar la cantidad de llegadas de las solicitudes (atendidas y no atendidas a tiempo) por día, calcular el tiempo de espera desde que ingresa la solicitud al Área de Ayuda hasta que llega al Área Central, calcular el tiempo de servicio por cada transferencia y ajustar las distribuciones de probabilidad de las llegadas y de los tiempos de servicio. Los campos son:

- El número de la solicitud
- El tipo de solicitud
- El tipo de transferencia (individual y masiva)
- El código del responsable de la transferencia
- La fecha de asignación al Área Central
- La fecha de atención
- Tiempo de atención de la transferencia. (Ver Anexo 2)

4.4 Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

La información ha sido procesada con diversas técnicas:

- Estadísticas descriptivas e inferenciales para determinar el comportamiento de las llegadas por cada tipo de transferencia
- Estadísticas descriptivas e inferenciales como las técnicas de pruebas de hipótesis utilizando un software estadístico para determinar si los servidores conforman grupos homogéneos en relación de los tiempos de servicio y para estimar el comportamiento del tiempo de servicio al realizar las transferencias.
- Para la visualización gráfica se usó el software Tableau.
- Se usó el módulo del software Arena, Input Analizer, para estimar las distribuciones de probabilidad.

4.5 Actividades realizadas

Para realizar el trabajo de investigación se elaboró un plan de trabajo con las siguientes etapas:

1. Estimar la distribución de probabilidad de los tiempos entre las llegadas de las solicitudes de transferencia tal que refleje la realidad del fenómeno.
2. Estimar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio en que el Área Central realiza las transferencias de clientes entre asesores crediticios.
3. Representar el proceso de transferencias de clientes entre asesores crediticios, construyendo un modelo de simulación en Arena.
4. Encontrar la alternativa que permita que el tiempo de espera sea menos de dos días hábiles experimentando con el modelo de simulación.

4.5.1 Actividad 1: Comportamiento de las llegadas

Para estimar el comportamiento de las llegadas de las solicitudes de transferencia de clientes y así encontrar la distribución de probabilidad del tiempo entre llegadas, se ha realizado los siguientes pasos:

1. Analizar los datos de llegadas para identificar una distribución de probabilidad.
2. Realizar una prueba de bondad de ajuste para validar la distribución de probabilidad de los tiempos entre las llegadas.

4.5.2 Actividad 2: Comportamiento del servicio

Para estimar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio en que el Área Central realiza las transferencias de clientes entre asesores crediticios, se hizo lo siguiente:

1. Analizar los datos para determinar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio de cada analista (servidor) al hacer las transferencias de clientes entre asesores crediticios.
2. Realizar una prueba de bondad de ajuste para la validación de la distribución de probabilidad de los tiempos de servicios.

4.5.3 Actividad 3: Simulación del proceso de transferencias

Para representar el proceso de transferencias de clientes entre asesores crediticios, construyendo un modelo de simulación en Arena, se hizo lo siguiente:

1. Construir el modelo de simulación del proceso de atención de las solicitudes de transferencias de clientes en el software Arena.
2. Realizar una prueba preliminar para determinar el número de réplicas correspondientes
3. Validar el modelo de simulación del proceso de atención de las solicitudes de transferencias de clientes mediante la comparación de los datos obtenidos en la simulación y los registros de la muestra.

4.5.4 Actividad 4: Experimentación con el modelo de simulación

Para experimentar con el modelo de simulación para encontrar el escenario que permita que el tiempo de espera sea menos de dos días hábiles. Se hizo las siguientes actividades:

1. Plantear diferentes escenarios de solución que serán simuladas usando el modelo.
2. Experimentar con el modelo de simulación.
3. Analizar los resultados obtenidos con la experimentación y escoger la alternativa que permitió disminuir el tiempo de espera a menos de dos días hábiles.

CAPÍTULO V. RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados de las actividades realizadas, las cuales son:

- Comportamiento de las llegadas
- Comportamiento del servicio
- Construcción del Modelo de Simulación
- Experimentación con las alternativas o escenarios propuestos

De esta manera, se obtuvo la alternativa que permite que las transferencias se concreten en menos de dos días hábiles.

5.1 Distribución de probabilidad de los tiempos entre llegadas

5.1.1 Estadísticas descriptivas para los tiempos entre llegadas por cada tipo de transferencia

Como se estableció en el capítulo II, se analizó los tiempos entre llegadas de los doce primeros días hábiles.

Se ha evaluado en dos grupos dependiendo del tipo de transferencia ya sea individual o masiva. Los estadísticos descriptivos de los tiempos entre llegadas (en horas) por cada tipo de transferencia se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. *Tiempos entre llegadas (en horas) por cada tipo de transferencia*

Estadístico descriptivo	Tipo de transferencia	
	Individual	Masiva
Media	0.372	0.386
Desviación	0.400	0.395
Máximo	3.95	4.49
Mínimo	0	0

Para cada tipo de transferencia se hizo un histograma en Minitab. Los cuales se muestran en la Figura 5 y Figura 6 respectivamente. Aparentemente, tienen la forma de una distribución exponencial, por lo cual se hizo las pruebas de bondad de ajuste correspondiente, que se muestran en la Tabla 6 y Tabla 7.

Figura 5. *Histograma para los tiempos de llegada del tipo de transferencia individual*

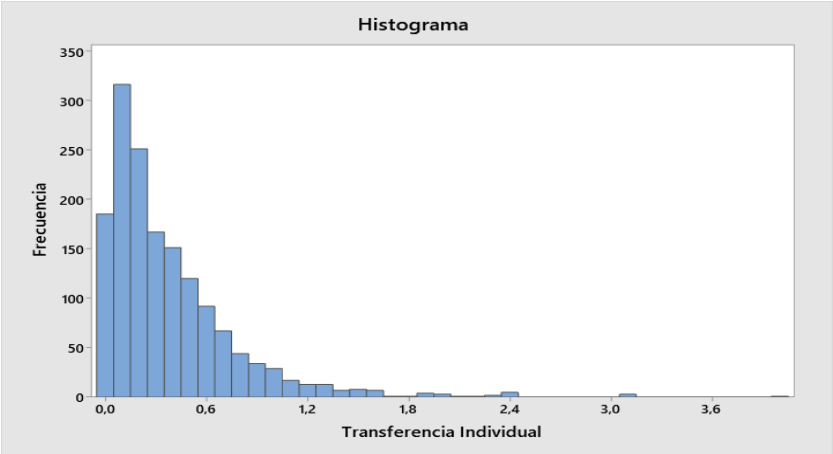
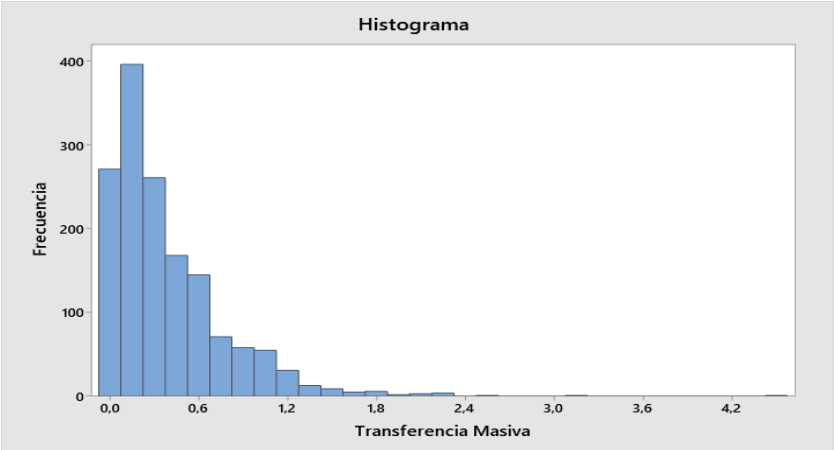


Figura 6. *Histograma para los tiempos de llegada del tipo de transferencia masiva*



5.1.2 Estadística inferencial para los tiempos entre llegadas por cada tipo de transferencia

Las pruebas de bondad de ajuste para los tiempos entre llegadas de las transferencias individual y masiva confirmaron que ambas se ajustan a una distribución exponencial.

Transferencia individual

a.) Definición de las Hipótesis

H0: Los datos de los tiempos entre las llegadas de las transferencias individuales siguen una distribución exponencial.

H1: Los datos de los tiempos entre las llegadas de las transferencias individuales no siguen una distribución exponencial.

b.) Definición del nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Al introducir los datos en el Input Analizer del software Arena se obtuvo:

Tabla 6.*Prueba de Bondad de Ajuste del tipo de transferencia individual*

Número de intervalos	15
Estadísticas de prueba	16.8
P valor	0.22
Expresión	-0.001 + EXPO(0.371)

Como el p valor es mayor a 0.05, no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, es decir, los tiempos entre las llegadas del tipo de transferencia individual siguen una distribución exponencial con una media de 0.371 horas más un *offset* de -0.001.

De la misma manera, se hizo para estimar la distribución de probabilidad de los tiempos entre las llegadas del tipo de transferencia masiva.

Transferencia masiva

a.) Definición de hipótesis

Ho: Los datos de los tiempos entre las llegadas del tipo de transferencia masiva siguen una distribución exponencial

H1: Los datos de los tiempos entre las llegadas del tipo de transferencia masiva no siguen una distribución exponencial

b.) Definición del nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Al introducir los datos en el Input Analizer del software Arena se obtuvo:

Tabla 7. *Prueba de Bondad de Ajuste del tipo de transferencia masiva*

Número de intervalos	17
Estadísticas de prueba	24.7
P valor correspondiente	0.0553
Expresión	-0.001+EXPO(0.366)

Como el p valor es mayor que 0.05, los tiempos entre las llegadas del tipo de transferencia masiva se ajustan a una distribución exponencial de media 0.366 horas y un *offset* de -0.001.

En conclusión, ambos tiempos se ajustan a una distribución exponencial con media de 0.371 y 0.366 horas con un *offset* de -0.001, respectivamente.

5.2 Distribución de probabilidad de los tiempos de servicio

5.2.1 Estadísticas descriptivas para los tiempos de servicio por cada analista

Los servidores del Área Central generalmente son 4 analistas; sin embargo, según la data encontrada el número de servidores ha sido variable durante el mes de octubre 2019 a marzo 2020, sólo el 8% de los días atendieron cuatro analistas como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. *Cantidad de analistas en la atención de transferencias en el periodo en estudio*

Cantidad de analistas	Porcentaje de días
1	25%
2	42%
3	25%
4	8%
Total	100%

Se encontró que los tiempos de servicio a cada tipo de transferencia (individual o masiva) son diferentes. Además, que el analista 1 y el analista 2 estuvieron en los tres primeros meses y en los siguientes estuvieron solo los analistas 3, 4 , 5 y 6. Los promedios de los tiempos de servicio y desviación estándar correspondientes se muestran en la Tabla 9 y Tabla 10, respectivamente.

Tabla 9.*Tiempo de servicio promedio en horas y desviación estándar por cada tipo de solicitud*

	Tiempo de servicio promedio	Desviación estándar
Transferencia individual	0.27	0.13
Transferencia masiva	0.65	0.26

Tabla 10. *Tiempo de servicio promedio en horas y desviación estándar por cada analista*

Analista	Transferencia individual		Transferencia masiva	
	Tiempo de servicio promedio	Desviación estándar	Tiempo de servicio promedio	Desviación estándar
1	0.18	0.08	0.63	0.26
2	0.31	0.11	0.80	0.18
3	0.30	0.07	0.89	0.20
4	0.19	0.05	0.66	0.25
5	0.30	0.16	0.45	0.17
6	0.32	0.10	0.90	0.12

Inicialmente se consideró la posibilidad de que el tiempo de servicio de todos los servidores fuese homogéneo; así se podría hacer un modelo de simulación sencillo, para lo cual se utilizaron las pruebas t-student.

5.2.2 Estadística inferencial para los tiempos de servicio por cada tipo de transferencia

Para el tipo de transferencia individual se evaluó los tiempos de los analistas tomados de dos en dos

a.) Definición de las hipótesis:

H0: La media de los tiempos de servicios del tipo de transferencia individual para los analistas i y j son iguales

H1: La media de los tiempos de servicios del tipo de transferencia individual para los analistas i y j son diferentes.

b.) Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Ingresando los datos al Minitab se obtiene la Tabla 11.

Tabla 11.*P valor de cada analista del tipo de transferencia individual*

	Analista					
	1	2	3	4	5	6
1	-					
2	0	-				
3	0	**0.655**	-			
4	**0.148**	0	0	-		
5	0	**0.665**	**0.980**	0	-	
6	0	**0.379**	0.035	0	0.038	-

Sobre la base del p valor, se observa que se puede considerar similares los tiempos de atención de los analistas 1 y 4, analistas 2 y 3, analistas 2 y 5, analistas 2 y 6, y analistas 3 y 5.

Del mismo modo se evaluó los tiempos de servicio por cada par de analistas para el tipo de transferencia masiva.

Prueba de homogeneidad del tiempo de servicio del analista i y j:

a.) Definición de hipótesis
H0: La media de los tiempos de servicios del tipo de transferencia masiva para los analistas i y j son iguales.

H1: La media de los tiempos de servicios del tipo de transferencia individual para los analistas i y j son diferentes.

b.) Definiendo del nivel de significancia α= 0.05

Ingresando los datos al Minitab se obtuvo los resultados de la Tabla 12.

Tabla 12. *P valor por cada analista con respecto a la solicitud de transferencia masiva*

	1	2	3	4	5	6
1	-					
2	0	-				
3	0	0	-			
4	**0.153**	0	0	-		
5	0	0	0	0	-	
6	0	0	**0.863**	0	0	-

Sobre la base del p valor, se observa que se puede considerar similares los tiempos de servicio de los analistas 1 y 4 y de los analistas 3 y 6.

Se concluye que solo se puede considerar similares los tiempos de servicio del analista 1 y 4 ya que el par de analistas 1 y 6 presenta un p valor menor a 0.05 en el tipo de transferencia individual de la Tabla 11.

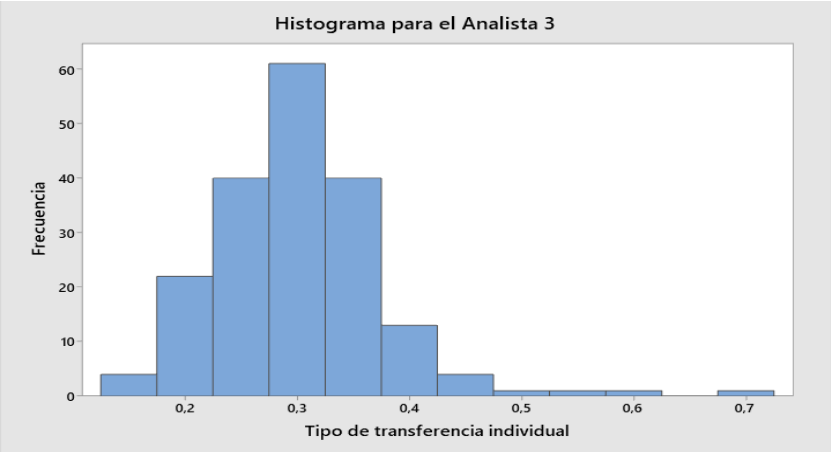
Los detalles de las estimaciones de las diferencias por cada tipo de transferencia se muestran en el Anexo 3.A

Se ha estimado la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio por cada analista. A continuación, se presenta en detalle cómo se obtuvo la estimación de la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio del analista 3. Se presenta el detalle de todos los demás analistas en el Anexo 3.B.

Para estimar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio se hizo un histograma que aparentemente se asemeja a una distribución beta, como se muestra en la

Figura **7**.

Figura 7. Histograma para los tiempos de servicio del analista 3 del tipo de transferencia individual



Como no se sabe la mejor distribución que se ajusta a los tiempos de servicio del analista 3, se hizo la prueba de bondad de ajuste.

a.) Definición de hipótesis

H0: Los tiempos de servicio del tipo de transferencia individual del analista 3 se ajustan a una distribución beta

H1: Los tiempos de servicio del tipo de transferencia individual del analista 3 no se ajustan a una distribución beta

b.) Definición del nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Ingresando los datos al Input Analizer se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 13. *Prueba de Bondad de Ajuste*

Número de intervalos	9
Grados de libertad	6
Estadísticas de prueba	10.3
P valor correspondiente	0.119
Distribución	0.149+0.586*BETA(3.79,10.7)

Como el p valor es mayor al 0.05, se concluye que no existen pruebas suficientes para rechazar que los tiempos de servicio del tipo de transferencia individual se ajuste a una distribución beta.

Del mismo modo se evaluó para cada analista y por cada tipo de transferencia, las pruebas de bondad de ajuste para identificar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio de los seis analistas.

En la Tabla 14 y en la Tabla 15 están las distribuciones de probabilidad de los tiempos de servicio en horas por cada tipo de transferencia sea individual y masiva obtenidas al evaluarlo en el Input Analizer. Se obtuvo que las distribuciones de probabilidad que se ajustan a los tiempos de servicio por cada analista y por cada tipo de transferencia tienen un p valor mayor a 0.05; por lo tanto, las distribuciones se ajustan a lo obtenido.

Tabla 14. *Distribuciones de probabilidad de los tiempos (horas) de atención del tipo de transferencia individual*

Analista	Distribución de probabilidad
1	0.07+GAMM(0.0415,2.72)
2	0.166+EXPO(0.141)
3	0.149+0.586*BETA(3.79,10.7)
4	0.116+0.217*BETA(1.11,1.93)
5	0.232+0.768*BETA(0.902,3.14)
6	0.05+0.79*BETA(8.2,15.1)

Tabla 15. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de atención del tipo de transferencia masiva*

Analista	Distribución de probabilidad
1	0.0833+GAMM(0.127,4.33)
2	0.38+LOGN(0.421,0.184)
3	0.57+LOGN(0.323,0.192)
4	0.2+LOGN(0.461,0.248)
5	0.232+GAMM(0.147,1.46)
6	0.61+0.76*BETA(3.3,5.51)

La mayoría de los analistas tienen comportamientos diferentes del tiempo de servicio, por lo cual se ha clasificado en cinco grupos como: A (Experto), B (Proficiente), C (Competente), D (Principiante avanzado) y E (Novato). Esta clasificación se ha tomado del desarrollo de habilidades propuesto por Dreyfus y Dreyfus(1980). Los datos están en la Tabla 16.

Tabla 16. *Tipos de rendimiento por cada analista*

		Tiempo de servicio		
Rendimiento	Promedio	Transferencia individual	Transferencia masiva	Analista
A	0.38	0.30	0.45	Analista5
B	0.41	0.18	0.63	Analista1
B	0.43	0.19	0.66	Analista4
C	0,68	0.31	0.80	Analista2
D	0.60	0.30	0.89	Analista3
E	0.61	0.32	0.90	Analista6

Cabe recalcar que el analista 2 no labora en la institución microfinanciera, por consiguiente, no se ha considerado en el modelo de simulación. Sin embargo, al analista 1 sí se ha considerado, ya que existe la posibilidad que sea asignado al Área Central para realizar las transferencias. Los demás analistas aún se encuentran laborando en el área.

5.3 Modelo de simulación

Bajo la información obtenida, en este apartado se muestra el desarrollo del modelo de simulación en Arena.

Los elementos más importantes de un modelo de simulación son:

a. Entidades

Las entidades que se colocaron en el proceso de atención de solicitudes fueron del tipo de transferencia individual y masiva, y un aleatorio para asignar la cantidad de analistas que realizan la transferencia por día, los módulos usados están en la Tabla 17.

Tabla 17. *Entidades del modelo de simulación*

Name	Entity Type	Descripción
Transferencia I	Entity 1	Llegada de la entidad del tipo de solicitud de transferencia individual
Transferencia M	Entity 2	Llegada de la entidad del tipo de solicitud de transferencia masiva
Cantidad de analistas asignados por día	Entity 3	Números aleatorios para la asignación de la cantidad de analistas

b. Recursos

Los recursos son los analistas y se muestra en la .

Tabla ***18***.

Tabla 18. *Recursos del modelo de simulación*

Recursos	Expresión
Analista 3	Tiempo_operacion3
Analista 4	Tiempo_operacion4
Analista 5	Tiempo_operacion5
Analista 6	Tiempo_operacion6

c. Atributos

Se usaron módulos Assign para asignar atributos en dos situaciones:

- Cuando las entidades ingresan al proceso de atención, con diferentes distribuciones, se registra el tiempo en que llegó la solicitud con el módulo de *Assign* por cada tipo de transferencia asignando el atributo de nombre de Llegada de transferencia masiva e individual, luego se añadió un atributo para diferenciar el tipo de solicitud como *Entity 1* y *Entity 2*, que se muestran en la Tabla 19.
- Para asignar la distribución de probabilidad de cada tipo de transferencia y por analista, según los valores de la Tabla 14 y Tabla 15.

Tabla 19. *Atributos del modelo de simulación*

Assign Name	Atributte Name	New Value	Description
Llegada de Transferencia individual/masiva	Llegada	Tnow	Registro de las entradas de las solicitudes por cada tipo de transferencia.
	Entity Type	Entity 1	Asignar el tipo de solicitud de transferencia individual
	Entity Type	Entity 2	Asignar el tipo de solicitud de transferencia masiva

Tabla 20. *Módulos Assign del modelo de simulación*

Nombre de módulo	Type	Atributte name
Assign1	Atributte	Tiempo_operacion3*
Assign2	Atributte	Tiempo_operacion3**
Assign3	Atributte	Tiempo_operacion4
Assign4	Atributte	Tiempo_operacion4
Assign5	Atributte	Tiempo_operacion5
Assign6	Atributte	Tiempo_operacion5
Assign7	Atributte	Tiempo_operacion6
Assign8	Atributte	Tiempo_operacion6

* Tiempo_operacion3* es el tiempo que toma el servidor 3 para ejecutar una transferencia individual

** Tiempo_operacion3* es el tiempo que toma el servidor 3 para ejecutar una transferencia masiva

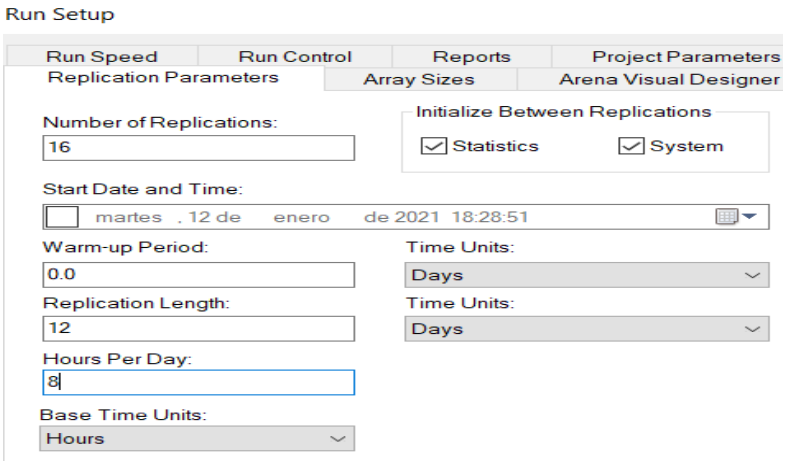
d. Colas

Las colas se forman cuando las entidades registradas no han sido atendidas, se usó el módulo *Hold* que fue colocado luego del módulo *Assign* llamado Llegada de transferencia individual y masiva.

e. Tiempo de la simulación

En el módulo Run Setup se asignó la cantidad de 16 réplicas, dado que se está trabajando en una versión estudiantil y la capacidad del software es limitada. Una réplica está conformada por doce días, cada día de ocho horas, como se muestra en la *Figura 8*.

Figura 8. *Configuración de la cantidad de días a simular*



Supuestos para el desarrollo del modelo de simulación

El modelo de simulación se ha construido bajo los supuestos de:

- Las solicitudes no son atendidas en grupos
- Los doce días están conformados por 8 horas laborables
- Los criterios para conformar los grupos de analistas asignados en el modelo fueron:
    - Si se asigna un analista, será seleccionado el analista 6

- Si se asigna a dos analistas, serán los analistas 3 y 6
- Si se asigna a tres analistas, serán los analistas 3, 4 y 5
- Si se asigna a cuatro analistas, serán los analistas 3, 4, 5 y 6

5.3.1 Construcción del modelo de simulación

Ya mencionados los elementos más importantes se va a desarrollar el modelo en cuatro fases.

Fase 1: La asignación de la cantidad de analistas para realizar las transferencias

Fase 2: El proceso de salida de solicitudes en cola

Fase 3: El proceso de atención de los elementos en cola

Fase 4: El proceso de registro de las solicitudes por día.

- Fase 1

Se ha colocado un ícono que representa a la entidad (Entity) denominada "cantidad de analistas que atienden por día", que se actualiza cada ocho horas. Luego de la entidad se ha colocado el ícono del módulo Decide para que se cumpla con las condiciones de la Tabla 8. Luego se usaron cuatro íconos de módulos Assign con la finalidad de asignar aleatoriamente un valor 1 (para un analista), 2 (para dos analistas), 3 (para tres analistas) y 4 (para cuatro analistas). Los módulos están representados en la **Figura 9** y sus características se muestran en la **Tabla 21** y **Tabla 22**.

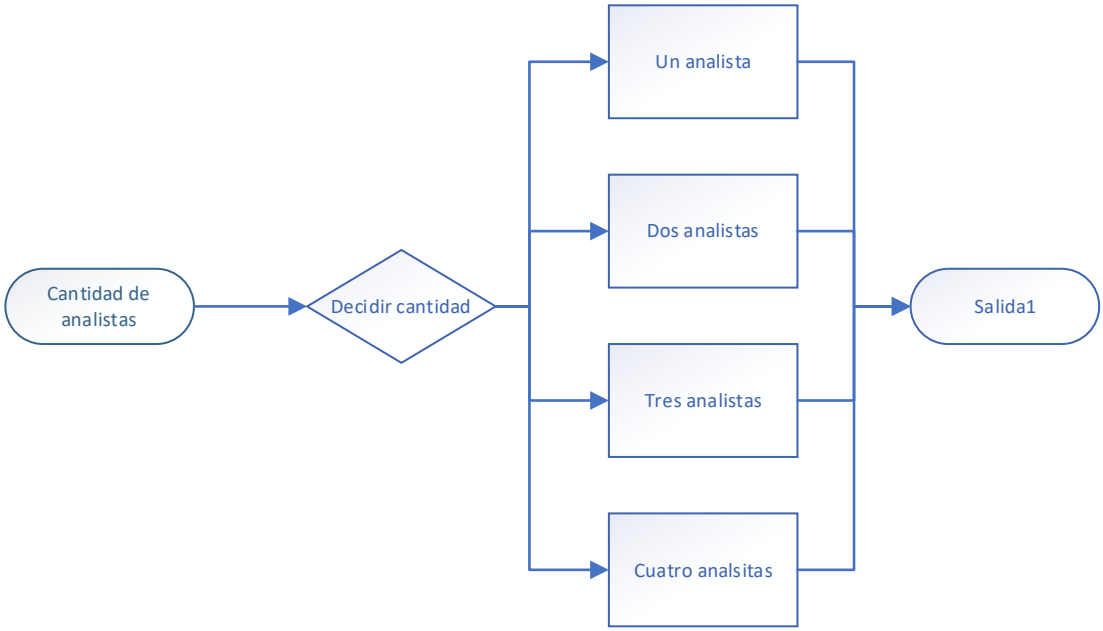
Tabla 21. *Fase 1: Módulos Entity, Dispose y Decide*

Módulo	Name	Type	Value(horas)
Entidad	Inicio	Constant	8
Dispose	Salida 1		
Decide	Decidir cantidad	25%,42%, 25% y 8%	

Tabla 22. *Fase 1: Módulos Assigns de la primera fase*

Name	Type	Other	New Value
Un Analista	Other	MR(Analista)	1
Dos Analistas	Other	MR(Analista)	2
Tres Analistas	Other	MR(Analista)	3
Cuatro Analistas	Other	MR(Analista)	4

Figura 9. *Fase 1: Cantidad de analistas que realizan las transferencias por día hábil*



- Fase 2

Para el desarrollo de la fase 2, se usaron los íconos de dos módulos "Entitys" ("Transferencia I" y "Transferencia M") seguidas de dos íconos Assigns ("Llegada Transferencia Individual", "Llegada de Transferencia Masiva"). Después se agregó una decisión que permitirá que la variable aforo no supere a las 140 entidades ya que el software Arena como máximo permite 150 entidades en la versión estudiantil, la variable creada llamada Aforo tomará el valor de la cantidad de entidades en el sistema. Además, se agregó un módulo del tipo Assign llamado "Contar Aforo" lo cual permitirá que la variable aforo se incremente en uno cuando entra cada entidad(solicitud) ingresa. Después un ícono *Hold*, que representa la cola denominada "Espera 1". Luego, se utilizó un ícono *Process* que representa un proceso de tiempo denominado "Proceso de actualización". Los módulos están representado en la Figura 10 y sus características están en la

Módulo	Name	Entity Type	Expresión(horas)
Entidad	Transferencia I	Entity 1	-0.001 + EXPO(0.371)
Entidad	Transferencia M	Entity 2	-0.001 + EXPO(0.366)

, Tabla 24, Tabla 25, Tabla 26 y Tabla 27.

Tabla 23. *Fase 2: Módulos Entity*

Módulo	Name	Entity Type	Expresión(horas)
Entidad	Transferencia I	Entity 1	-0.001 + EXPO(0.371)
Entidad	Transferencia M	Entity 2	-0.001 + EXPO(0.366)

Tabla 24. *Fase 2: Módulos Assign*

Módulo	Name	Tipo	Attribute name	New Value
Assign	Llegada de transferencia individual	Atributo	Llegada	Tnow
Assign	Llegada de transferencia masiva	Atributo	Llegada	Tnow
Assign	Contar Aforo	Variable	Aforo	Aforo+1

Tabla 25. *Fase 2: Módulo Hold*

Name	Type	Wait for value	Limit	Queue Type	Queue Name
Espera 1	Wait for value	1	1	Queue	Espera1.Queue

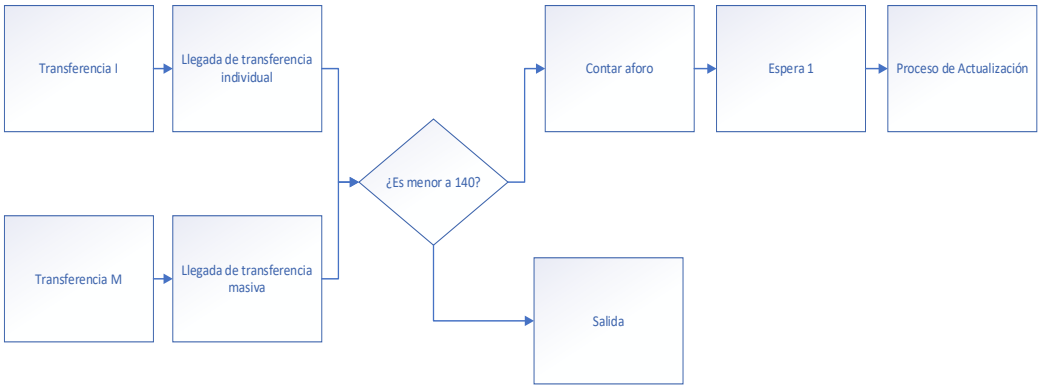
Tabla 26. *Fase 2: Módulo Process*

Name	Type	Action	Delay type	Mínimo(horas)	Máximo(horas)
Proceso de actualización	Standar	Delay	Uniform	0	0.0001

Tabla 27. *Fase 2. Módulo Decide*

Name	Type	If	Named	Is	Value
¿Es menor a 140?	2-way by Condition	Variable	Aforo	<	140

Figura 10. *Fase 2: Llegada y espera de la solicitud*



Luego para que las entidades de la cola de “Espera 1”, puedan salir una por una, primero se ha colocado un ícono *Entity*, luego un módulo *Decide* lo cual es generado aleatoriamente en la fase 1. A continuación se ha colocado cuatro módulos *Decide* denominados: Primer Grupo, Segundo Grupo, Tercer Grupo y Cuarto Grupo. Dependiendo del número de analistas asignados en la fase 1, la entidad pasará por el grupo que le corresponde siempre y cuando se cumpla que al menos uno de los analistas de su grupo esté desocupado. En cuyo caso la entidad ingresa al módulo *Signal* llamado libre con valor 1; caso contrario, toma el valor 2. Los íconos de los módulos *Signa*l fueron colocados luego de los cuatro últimos módulos *Decide*, las condiciones insertadas en los módulos se presentan en la Tabla 28.

Tabla 28. *Fase 2.1 Módulos Entity y Decide utilizados para la salida de entidades en cola*

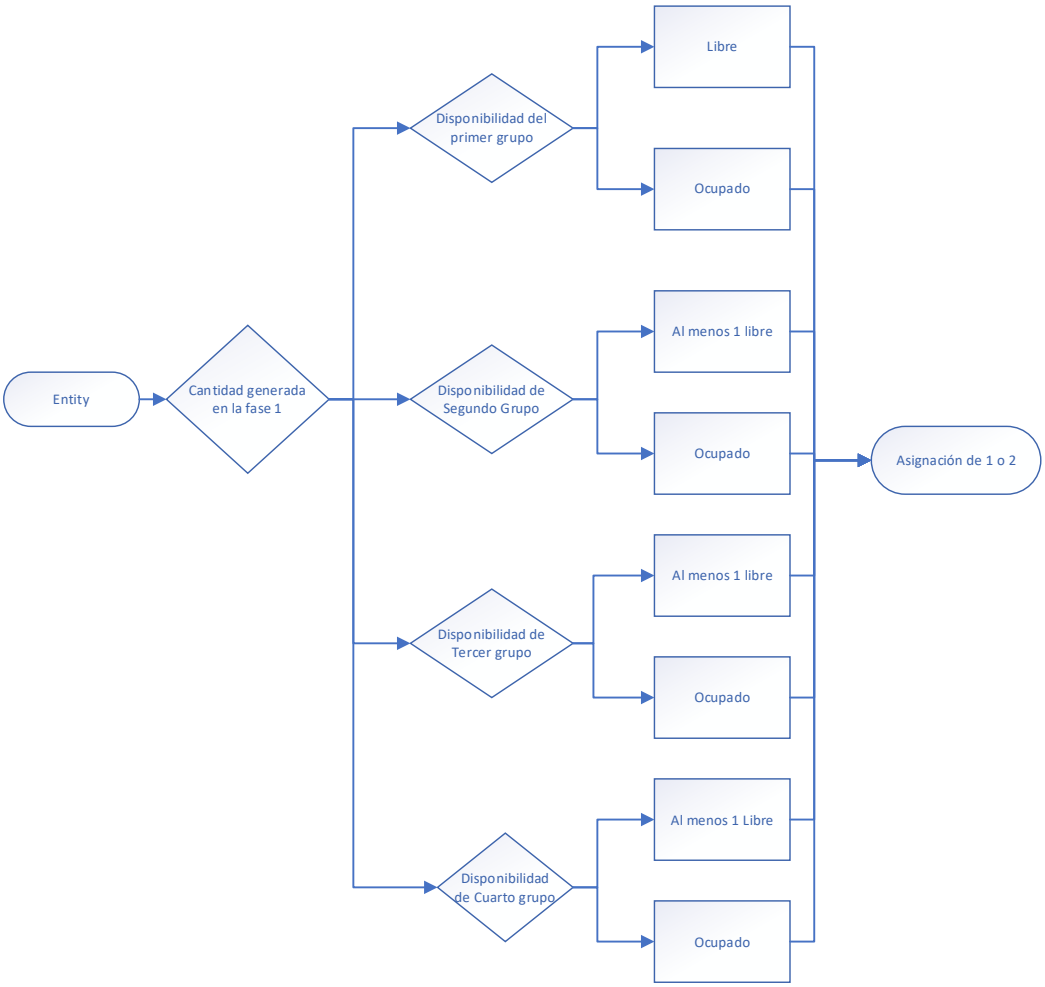
Módulo	Nombre	Type	Value/ Condition
Entity	Entity	Constante	1 minuto
Decide	Cantidad generada de la fase 1	N-way by condition	MR(Analista)==1 MR(Analista)==2 MR(Analista)==3
Decide	Disponibilidad del Primer grupo	2-Way by condition	NQ (Primer Grupo Analista 1.Queue) == 0
Decide	Disponibilidad del Segundo grupo	2-Way by condition	NQ (Segundo Grupo Analista 2.Queue) == 0 || NQ(Segundo grupo Analista 3.Queue) == 0
Decide	Disponibilidad del Tercer grupo	2-Way by condition	NQ (Tercer Grupo Analista 1.Queue) == 0 || NQ(Tercer Grupo Analista 2.Queue) == 0 || NQ(Tercer grupo Analista 3.Queue) == 0
Decide	Disponibilidad del Cuarto grupo	2-Way by condition	NQ (Cuarto Grupo Analista 1.Queue) == 0 || NQ(Cuarto Grupo Analista 2.Queue) == 0 || NQ(Cuarto grupo Analista 3.Queue) == 0 || NQ(Cuarto grupo del Analista4.Queue) == 0

Los valores por cada módulo *Signal* se presentan en la Tabla 29 y el modelo de la segunda fase se muestra en la Figura 11.

Tabla 29. *Fase 2.1 Módulos Signal para la salida de entidades en cola*

Name	Signal Value
Libre	1
Ocupado	2
Al menos 1 libre	1
Ocupado	2
Al menos 1 libre	1
Ocupado	2
Al menos 1 libre	1
Ocupado	2

Figura 11. *Fase 2.2 Construcción de la salida de las entidades de la cola*



- Tercera fase

Luego cuando la entidad sale de la cola llamada Espera 1, de la fase 2.1 llamada "Llegada y espera de la solicitud", se encuentra un *Decide* llamado "Número de analistas", donde se registra el número de analista que laboran ese día (generado en la fase1), a continuación, se han colocado tres módulos *Decide* cuyos características y valores insertados se muestran en la Tabla 30, que representan los grupos de analistas que van a procesar las transferencias.

Tabla 30. *Fase 3: Módulo Decide de la tercera fase*

Módulo	Nombre	Type	Condition
Decide	Número de analistas	N-way by condition	MR(Analista)= =1
		N-way by condition	MR(Analista)= =1
		N-way by condition	MR(Analista)= =2
		N-Way bycondition	MR(Analista)==3
Decide	Para un analista	N way by condition	Enttity type
Decide	Para dos analistas	N way by condition	Enttity type
Decide	Para tres analistas	N way by condition	Enttity type

A continuación, se presenta cuatro situaciones que pueden ocurrir en un día cualquiera: uno, dos, tres o cuatro analistas.

Caso 3.1

En el caso de que en la fase 1se haya generado aleatoriamente un analista, es decir, el valor de MR(Analista) sea 1

Se coloca un módulo Decide llamado “Para un analista”, luego se coloca dos atributos, denominados “transferencia individual 1” y “transferencia masiva 1”. Luego de ambos se coloca un módulo *Process* llamado primer grupo de analista1, que en este caso es el analista 3. Las características se muestran en la Tabla 31 y Tabla 32.

Tabla 31. *Caso 3.1: Módulo Decide*

Módulo	Nombre	Type	If	Named
Decide	Para un analista	N-way by condition	Entity.type	Entity 1

Tabla 32*. Caso 3.1 Módulos Assigns*

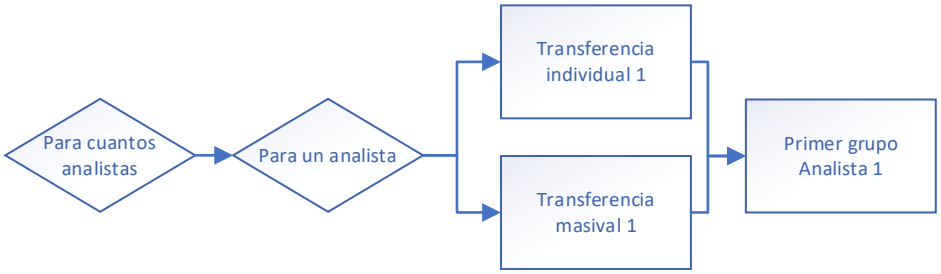
Módulo	Name	Tipo	Attribute name	New Value
Assign	Tranferencia individual 1	Atributo	Tiempo_operacion 3	0.05+0.79*beta(8.2,15.1)
Assign	Tranferencia masiva 1	Atributo	Tiempo_operacion 3	0.61+0.76*beta(3.3,5.51)

Luego de los módulos *Assign* se ha colocado un proceso que tiene como recurso el analista 6. Además. pertenece al primer grupo Analista1, las características del módulo están en la Tabla 33 y su representación en la **Figura 12**.

Tabla 33. *Caso 3.1 Módulo Process*

Name	Type	Action	Resource	Delay Type	Units	Expression
Primer grupo analista 1	Standar	SeizeDelayRealease	Analista 3	Expression	Hours	Tiempo_operacion3

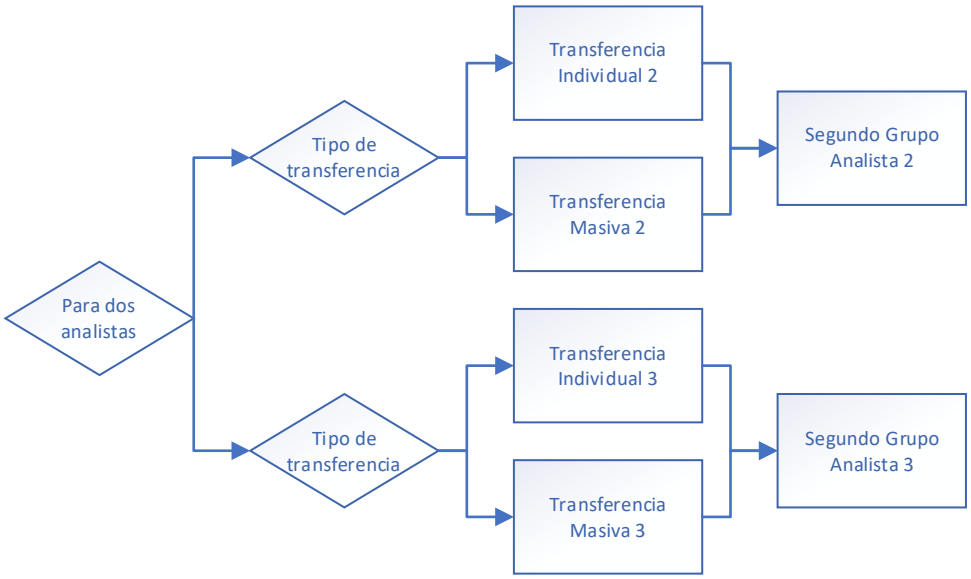
Figura 12. *Caso 3.1: Fracción del modelo para un analista (Analista 6)*



Caso 3.2

En el caso de que en la fase 1 se haya generado aleatoriamente dos analistas, es decir, el valor de MR(Analista) sea 2.

Figura 13. *Caso 3.2: Fracción del modelo para dos analistas (Analista 3 y Analista6)*



Como se observa en la **Figura 13** se ha colocado un módulo *Decide* denominado "Para dos analistas" con la condición de: NQ (Segundo Grupo Analista 2.Queue)

<= NQ(Segundo grupo Analista 3.Queue), esta condición es para que la solicitud sea asignado al analista que tiene menos entidades en cola. Luego del módulo *Decide* se han colocado dos módulos *Decide* denominado: "Tipo de Transferencia 1" y "Tipo de Transferencia 2", ambos con las características de la Tabla 34.

Tabla 34. *Caso 3.2: Módulo Decide*

Módulo	Nombre	Type	If	Named
Decide	Tipo de transferencia 1	N-way by condition	Entity.type	Entity 1
Decide	Tipo de transferencia 2	N-way by condition	Entity.type	Entity 1

Luego de ambos decide se han colocado cuatro módulos *Assign* que presentan los siguientes valores y características de la Tabla 35.

Tabla 35. *Caso 3.2: Módulos Assign*

Módulo	Name	Tipo	Attribute name	New Value
Assign	Tranferencia individual 2	Atributo	Tiempo_operacion3	0.05+0.79*beta(8.2,15.1)
Assign	Tranferencia masiva 2	Atributo	Tiempo_operacion3	0.61+0.76*beta(3.3,5.51)
Assign	Tranferencia individual 3	Atributo	Tiempo_operacion4	0.232+0.768*beta(0.902,3.14)
Assign	Tranferencia masiva 3	Atributo	Tiempo_operacion4	0.232+gamm(0.147,1.46)

Luego de los módulos *Assign* se han colocado los módulos *Process* con las características indicadas en la Tabla 36, con el fin que cada tipo de transferencia sea atendido con diferentes tiempos dependiendo el analista que sea asignado.

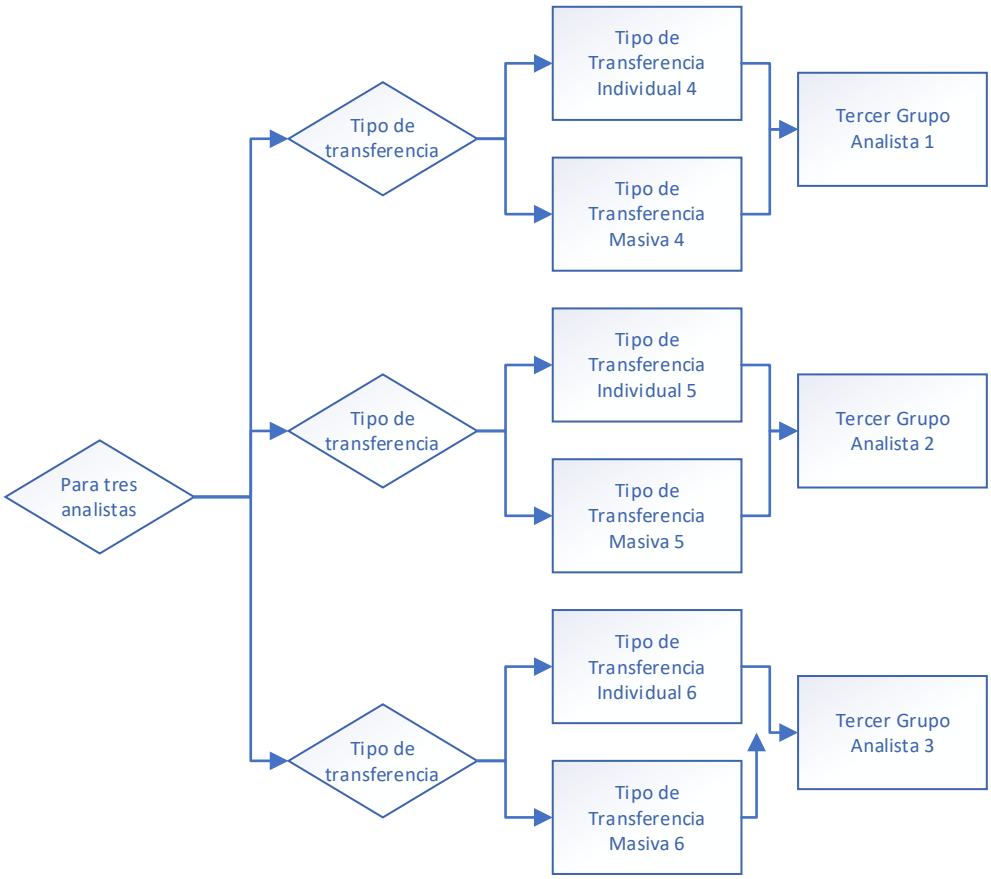
Tabla 36. *Caso 3.2: Módulos Process*

Name	Type	Action	Resource	Delay Type	Units	Expression
Segundo grupo Analista 2	Standar	SeizeDelayRelease	Analista 3	Expression	Hours	Tiempo_operacion3
Segundo grupo Analista 3	Standar	SeizeDelayRelease	Analista 4	Expression	Hours	Tiempo_operacion4

Caso 3.3

En el caso de que en la fase 1 se haya generado aleatoriamente tres analistas, es decir, el valor de MR(Analista) sea 3

Figura 14. *Caso 3.3: Fracción del modelo para el Analista 3, Analista 4 y Analista 5*



Para la representación de la **Figura 14**, primero se ha colocado un módulo *Decide* llamado "para tres analistas", las condiciones insertadas fueron:

1) NQ(Tercer Grupo Analista 1.Queue) <= NQ(Tercer Grupo Analista 2.Queue) && NQ(Tercer Grupo Analista 1.Queue) <= NQ(Tercer grupo Analista 3.Queue)
2) NQ(Tercer Grupo Analista 2.Queue) <= NQ(Tercer grupo Analista 3.Queue)

Han sido insertadas con el fin de que la solicitud sea asignada al analista que tiene el menor número en cola. Luego se han colocado tres módulos *Decide* que permita que la entidad sea asignada de acuerdo el tipo de transferencia, como se puede observar son seis módulos *Assign* colocados, ya que son tres analistas. Las características de los módulos se muestran en la Tabla 37, Tabla 38 y Tabla 39.

Tabla 37. *Caso 3.3: Módulos Decide*

Módulo	Nombre	Type	If	Named
Decide	Tipo de transferencia	N-way by condition	Entity.type	Entity 1

Tabla 38. *Caso 3.3: Módulos Assign*

Módulo	Name	Tipo	Attribute name	New Value
Assign	Tranferencia individual 4	Atributo	Tiempo_operacion3	0.149+0.586*beta(3.79,10.7)
Assign	Tranferencia masiva 4	Atributo	Tiempo_operacion3	0.57+logn(0.323,0.192)
Assign	Tranferencia individual 5	Atributo	Tiempo_operacion4	0.116+0.217*beta(1.11,1.93)
Assign	Tranferencia masiva 5	Atributo	Tiempo_operacion4	0.2+logn(0.461,0.248)
Assign	Tranferencia individual 6	Atributo	Tiempo_operacion5	0.232+0.768*beta(0.902,3.14)
Assign	Tranferencia individual 6	Atributo	Tiempo_operacion5	0.232+gamm(0.147,1.46)

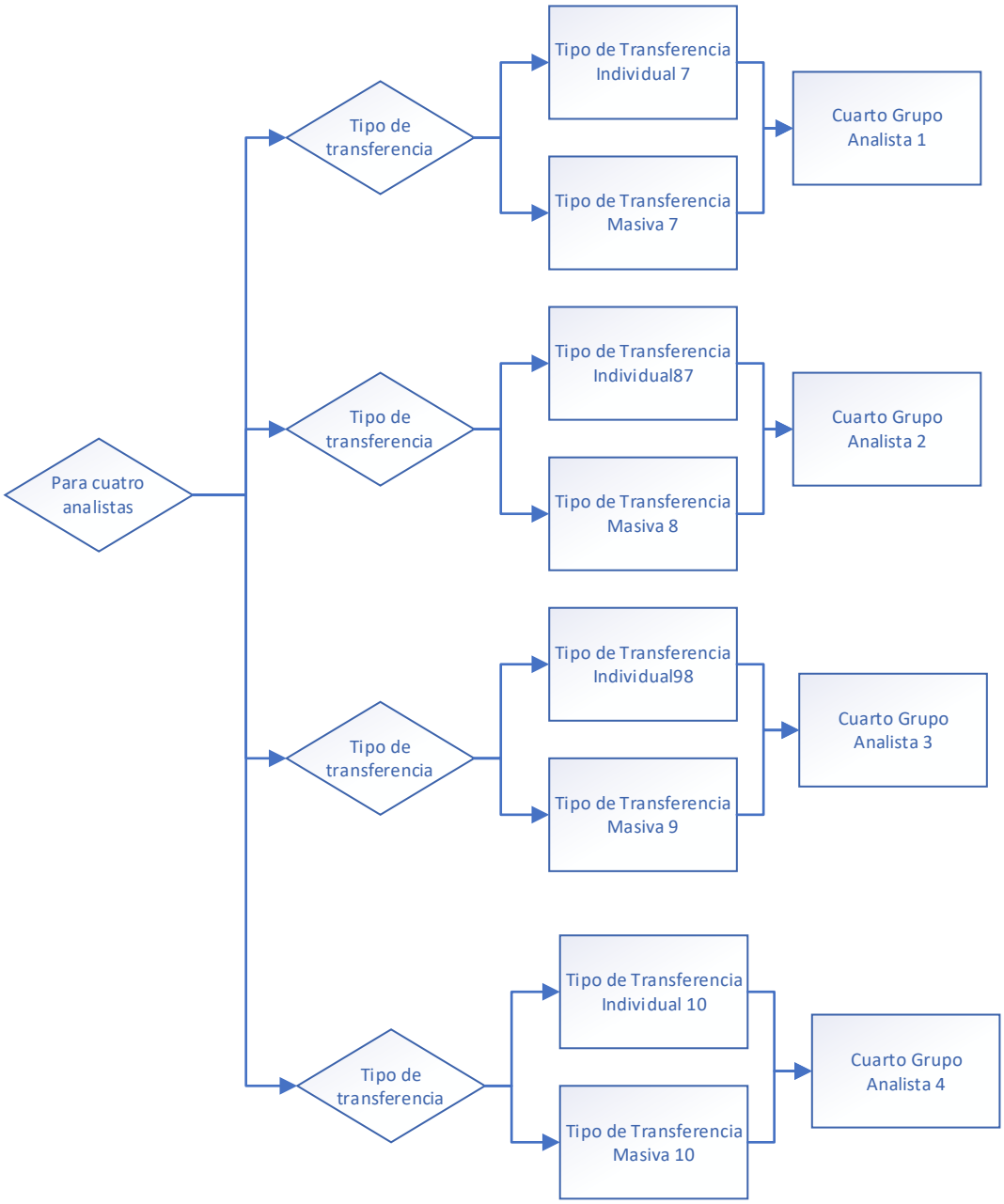
Tabla 39. *Caso 3.3: Módulos Process*

Name	Type	Action	Resource	Delay Type	Units	Expression
Tercer grupo Analista 1	Standar	SeizeDelay Realease	Analista 3	Expression	Hours	Tiempo_operacion3
Tercer grupo Analista 2	Standar	SeizeDelay Realease	Analista 4	Expression	Hours	Tiempo_operacion4
Tercer grupo Analista 3	Standar	SeizeDelay Realease	Analista 5	Expression	Hours	Tiempo_operacion5

Caso 3.4

En el caso de que en la fase 1 se haya generado aleatoriamente cuatro analistas, es decir, el valor de MR(Analista) sea 4

Figura 15. *Caso 3.4: Fracción del modelo para el analista 3, analista 4, analista 5 y analista 6*



Para representar los módulos en la **Figura 15**, primero se ha colocado un módulo *Decide* denominado "para cuatro analistas", las condiciones que fueron insertadas son:

1) NQ(Cuarto Grupo Analista 1.Queue) <= NQ(Cuarto Grupo Analista 2.Queue) && NQ(Cuarto Grupo Analista 1.Queue) <= NQ(Cuarto grupo Analista 3.Queue) && NQ(Cuarto Grupo Analista 1.Queue) <= NQ(Cuarto grupo del Analista4.Queue)

2) NQ(Cuarto Grupo Analista 2.Queue) <= NQ(Cuarto grupo Analista 3.Queue) && NQ(Cuarto Grupo Analista 2.Queue) <=NQ(Cuarto grupo del Analista4.Queue) && NQ(Cuarto Grupo Analista 2.Queue) <= NQ(Cuarto Grupo Analista 1.Queue)
3) NQ(Cuarto grupo Analista 3.Queue) <= NQ(Cuarto grupo del Analista4.Queue) && NQ(Cuarto grupo Analista 3.Queue) <= NQ(Cuarto Grupo Analista 2.Queue) && NQ(Cuarto grupo Analista 3.Queue) <= NQ(Cuarto Grupo Analista 1.Queue)

Luego se han colocado cuatro módulos *Decide* que permita que la entidad sea asignada de acuerdo el tipo de transferencia. Fueron representadas por dos módulos *Assign* ("Transferencia individual" y "Transferencia masiva"), como se puede observar son ocho módulos colocados ya que son cuatro analistas. Los módulos usados están en la Tabla 40.

Tabla 40. Caso 3.4: *Módulos Assign*

Módulo	Name	Tipo	Attribute name	New Value
Assign	Tranferencia individual 7	Atributo	Tiempo_operacion3	0.149+0.586*beta(3.79,10.7)
Assign	Tranferencia masiva 7	Atributo	Tiempo_operacion3	0.57+logn(0.323,0.192)
Assign	Tranferencia individual 8	Atributo	Tiempo_operacion4	0.116+0.217*beta(1.11,1.93)
Assign	Tranferencia masiva 8	Atributo	Tiempo_operacion4	0.2+logn(0.461,0.248)
Assign	Tranferencia individual 9	Atributo	Tiempo_operacion5	0.232+0.768*beta(0.902,3.14)
Assign	Tranferencia masiva 9	Atributo	Tiempo_operacion5	0.232+gamm(0.147,1.46)
Assign	Tranferencia individual 10	Atributo	Tiempo_operacion6	0.05+0.79*beta(8.2,15.1)
Assign	Tranferencia masiva 10	Atributo	Tiempo_operacion6	0.61+0.76*beta(3.3,5.51)

Luego se han colocado los módulos Process de la Tabla 41.

Tabla 41. *Caso 3.4: Módulos Process*

Name	Type	Action	Resource	Delay Type	Units	Expression
Cuarto grupo Analista 1	Estándar	SeizeDelay Realease	Analista 3	Expression	Hours	Tiempo_operacion3
Cuarto grupo Analista 2	Standar	SeizeDelay Realease	Analista 4	Expression	Hours	Tiempo_operacion4
Cuarto grupo Analista 3	Standar	SeizeDelay Realease	Analista 5	Expression	Hours	Tiempo_operacion5
Cuarto grupo Analista 4	Standar	SeizeDelay Realease	Analista 6	Expression	Hours	Tiempo_operacion6

- Fase 4

Esta fase se utiliza para obtener estadísticas por cada día hábil.

Se ha utilizado el módulo de *Record* denominada "Atendidas", para contabilizar todas las solicitudes de transferencia, luego un módulo *Decide*, "Tiempo en cola", de que los agrupe por día, se han colocado las condiciones de la Tabla 44. Después se ha colocado un módulo *Decide*, "¿Atendidas a tiempo?", para que agrupe y contabilice por cada día las solicitudes que han sido atendidas a tiempo (1 día en espera) o retraso (2 o más días en espera). Además, seguidos a dos módulos *Record* denominado "cantidad total de solicitudes atendidas a tiempo" y "cantidad total de solicitudes atendidas con retraso", para el conteo de todas las solicitudes que son atendidas a tiempo o con retraso durante los doce días hábiles de estudio; ambos conectados hacia un módulo *Dispose* denominado "Salida". Se ha realizado los mismos pasos para cada condición del primer módulo *Decide*. La fracción del modelo está representado en la Figura 16***Figura 16*** y los módulos usados con sus características están en la Tabla 42, Tabla 43, Tabla 44, Tabla 45.

Figura 16. *Fase 4: Registro de cantidades atendidas a tiempo o con retraso en el primer día*

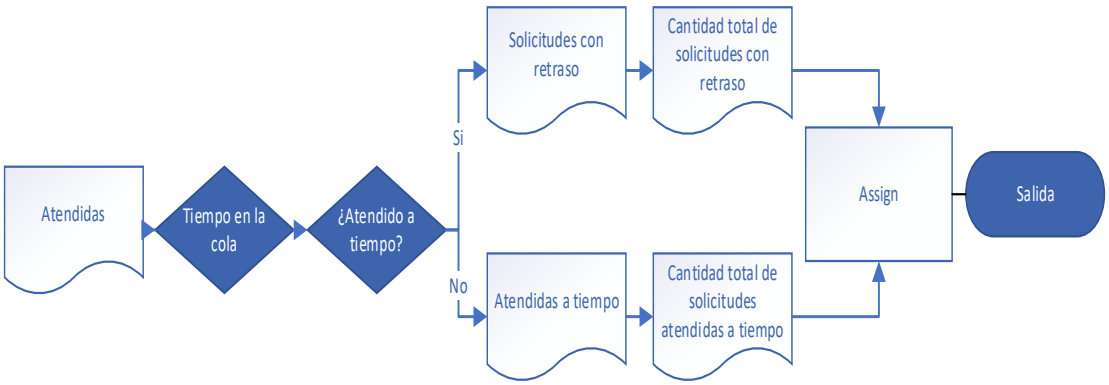


Tabla 42. *Fase 4: Módulo Assign*

Módulo	Type	Variable Name	New Value
Assign	Variable	Aforo	Aforo-1

Tabla 43. *Fase 4: Módulo Record de la cuarta fase del desarrollo del modelo de simulación*

Name	Type	Atributte Name	Tally Name/Counter Set Name
Atendidas	Time Interval	Llegada TM	Tiempo de Transferencia Masiva
Atendidas	Time Interval	Llegada TI	Tiempo de Transferencia Individual
Atendidas	Count	Cantidad de solicitudes	

Tabla 44. *Fase 4: Módulo Decide de la cuarta fase del desarrollo del modelo de simulación*

Name	Type	Expression	Conditions
Tiempo en la cola	N way by condition		Tnow<8
			Tnow<16
			Tnow<24
			Tnow<32
			Tnow<40
			Tnow<48
			Tnow<56
			Tnow<64
			Tnow<72
			Tnow<80
			Tnow<88
			Tnow<96
¿Atendidas a tiempo?	*2- Way by condition*		*Tnow-Llegada>8*

Tabla 45. *Fase 4: Módulo Record de la cuarta fase del desarrollo del modelo de simulación*

Record	Type	Atributte Name	Tally Set Name	Set Index
Solicitudes con retraso	Time Interval	Tiempos en el Sistema	Tiempo en sistema	Entity.Type
	Count	Grupo 1 Solicitudes con retraso		
Atendidas a tiempo	Count	Solicitudes atendidas a tiempo		
Cantidad total de solicitudes atendidas con retraso	Count	Solicitudes con retraso		
Cantidad de solicitudes atendidas a tiempo	Count	Solicitudes atendidas a tiempo		

5.3.2 Resultados del modelo de simulación

5.3.2.1 Análisis de la prueba preliminar

Se realizó una prueba preliminar de 16 réplicas cuyos resultados se presentan en la Tabla 46 se presenta una comparación entre los valores promedio obtenidos de la simulación preliminar y los valores reales de la base de datos, es decir lo registrado entre octubre del 2019 y marzo del 2020. Se obtuvo un total de 178 solicitudes atendidas a tiempo y 237 solicitudes atendidas con retraso en la simulación, estos resultados están en el Anexo 4.A.

Tabla 46. *Cantidad promedio de solicitudes obtenidas de la base de datos y del modelo de simulación*

	Datos originales		Datos simulados	
Día Hábil	Solicitudes atendidas a tiempo	Cantidad de solicitudes atendidas con retraso	Solicitudes atendidas a tiempo	Cantidad de solicitudes atendidas con retraso
1	31	0	24	0
2	31	0	37	2
3	38	7	25	6
4	31	19	20	13
5	19	23	19	19
6	24	23	12	24
7	10	24	13	22
8	15	22	8	25
9	9	32	8	28
10	5	30	5	29
11	1	28	5	30
12	0	24	2	39
Suma	216	232	178	237

Además de la simulación, se obtuvieron los promedios, los intervalos de confianza de los tiempos de espera por cada tipo de transferencia como se muestra en la Tabla 47 y Tabla 48.

Tabla 47. *Intervalo de confianza del tiempo promedio de espera para la atención de las solicitudes del tipo individual de las muestras preliminares vs data real*

	Promedio	Desviación estándar	Intervalos de confianza (95%)	Mínimo valor	Máximo Valor
Transferencia Individual (Muestras preliminares)	11.63 horas	5.44 horas	[8.73;14.5]	4.16 horas	20.4 horas
Transferencia Individual (Data Real) 12 días	11.89 horas	6.81 horas	[8.99;14.79]	2.97 horas	26.07 horas

Tabla 48. *Intervalo de confianza del tiempo promedio de espera de la atención de las solicitudes del tipo masivo de las muestras preliminares vs data real*

	Promedio	Desviación estándar	Intervalos de confianza (95%)	Mínimo valor	Máximo Valor
Transferencia Masiva (Muestras preliminares)	11.61 horas	5.61 horas	[8.62;14.6]	4.24 horas	20.5 horas
Transferencia Masiva (Data Real) 12 días	11.58 horas	7.17 horas	[7.52;15.64]	2.82 horas	26.84 horas

Tabla 49. *Promedio de tiempos de espera por cada tipo de solicitud (en horas) obtenidas de la simulación.*

Tipo de transferencia	Promedio	Mínimo de horas	Máximo de horas
Transferencia Individual	11.63	0	20.5
Transferencia Masiva	11.61	0	20.5

En la **Tabla 49** se muestra que el tiempo promedio de espera, el tiempo desde que ingresa la solicitud hasta que es atendida es más de 8 horas (1 día) y como máximo de 21 horas (3 días) para que sea realizada la transferencia. Se observa que el promedio en horas no es buen indicador, porque los datos varían desde un valor insignificante de 0 a 21 horas; por lo tanto, para optar por la mejor alternativa, se va a considerar reducir el valor máximo (horas) y evaluar con prueba de diferencia de medias el indicador del tiempo promedio de espera por cada escenario**.**

5.3.3 Validación del modelo de simulación

Para la validación del modelo de simulación, se ha utilizado el paquete estadístico Minitab. Primero se probó que los datos de los tiempos, obtenidos de la muestra preliminar, de los dos tipos de solicitudes originales y simulados se ajustan a una distribución normal para posteriormente aplicar una prueba de medias. Los datos correspondientes se encuentran en la Tabla 46. Un proceso análogo se hizo para los datos de las solicitudes atendidas con retraso.

Análisis de los tiempos del tipo de transferencia individual

Antes de hacer la prueba de medias, se ha evaluado si los datos originales y de la simulación se ajustan a una distribución normal. Para ello, se ha usado la prueba de Kolmogorov.

Prueba de Normalidad (Prueba de Kolmogorov)

a) Definición de hipótesis:

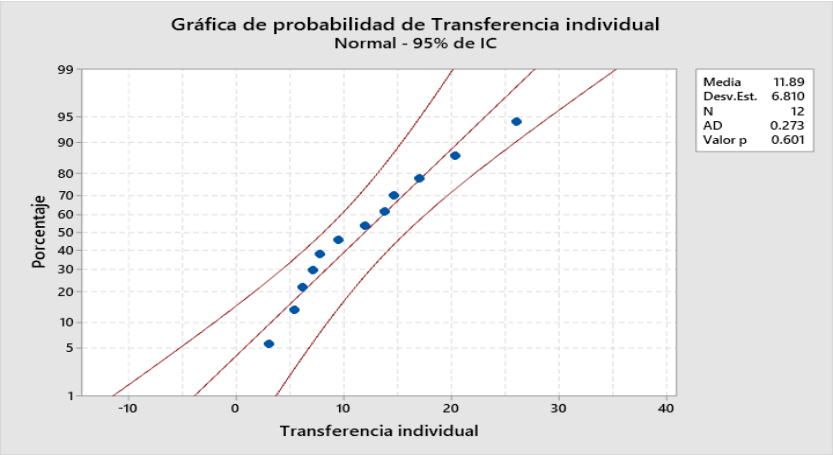
   H0: Los datos originales de las solicitudes del tipo individual se ajustan a una distribución normal

   H1: Los datos originales de las solicitudes del tipo individual no se ajustan a una distribución normal

Definición del grado de libertad: 11 (cantidad de 12 días -1)

b) Nivel de significancia: α=0.05

Figura 17. Prueba de Normalidad de la cantidad de solicitudes atendidas de los datos originales



Como el p-valor, obtenido de Minitab, es mayor de 0.05, no existen evidencias para rechazar la hipótesis nula; por lo tanto, los datos originales se ajustan a una distribución normal.

Prueba de Normalidad (Prueba de Kolmogorov)

a) Definición de hipótesis:

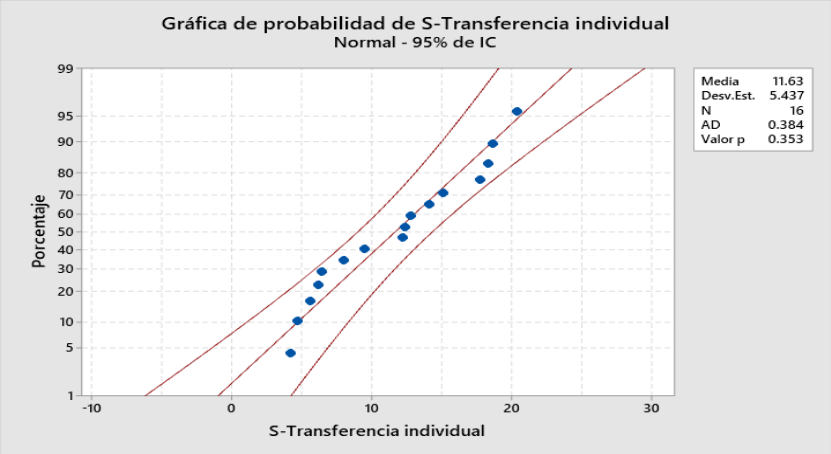
Ho: Los datos simulados de las solicitudes del tipo individual se ajustan a una distribución normal

H1: Los datos simulados de las solicitudes del tipo individual no se ajustan a una distribución normal

Definición del grado de libertad:15

b) Nivel de significancia: α=0.05

Figura 18.*Prueba de Normalidad de la cantidad de solicitudes atendidas simuladas*



Ya que el p-valor>0.150, obtenido de Minitab, es mayor a 0.05, no existen evidencias suficientes para rechazar la hipótesis nula; por lo tanto, los datos obtenidos en las 16 réplicas de la simulación se ajustan a una distribución normal.

Como se ha comprobado que se ajustan a una distribución normal ambos datos (originales y simulados), se podrá usar la prueba de t-student para evaluar si la media de los datos originales y los datos simuladas de la institución microfinanciera son iguales.

Prueba T-student

a) Definición de hipótesis

H0: La media de los datos de las solicitudes del tipo individual originales y de la simulación son iguales

H1: La media de los datos de las solicitudes del tipo individual originales y de la simulación son diferentes

Definición del nivel de significancia: α=0.05; α/2= 0.025

Media de los datos originales: $\mu = 11.89$

Desviación estándar de los datos simulados: $\sigma = 6.81$

Media de los datos simulados: $\mu_s = 11.63$

Desviación estándar de los datos simulados: $\sigma_s = 5.52$

Hallando t calculado:

$$t_c = \frac{\mu - \mu_s}{\sqrt{\frac{{\sigma_1}^2}{n_1} + \frac{{\sigma_2}^2}{n_2}}} = 0.11$$

Hallando t de la tabla t- Student:

$$t = t_{(1-\alpha/2;n-1)} = 2.056$$

Como $t_c \leq t$, no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula; es decir, las medias de los datos simulados y los datos extraídos de la base de datos son iguales.

De la misma manera se analizó la cantidad en promedio de solicitudes atendidas del tipo de transferencia masiva.

Análisis de los tiempos del tipo de transferencia masiva

Prueba de Normalidad (Kolmogorov)

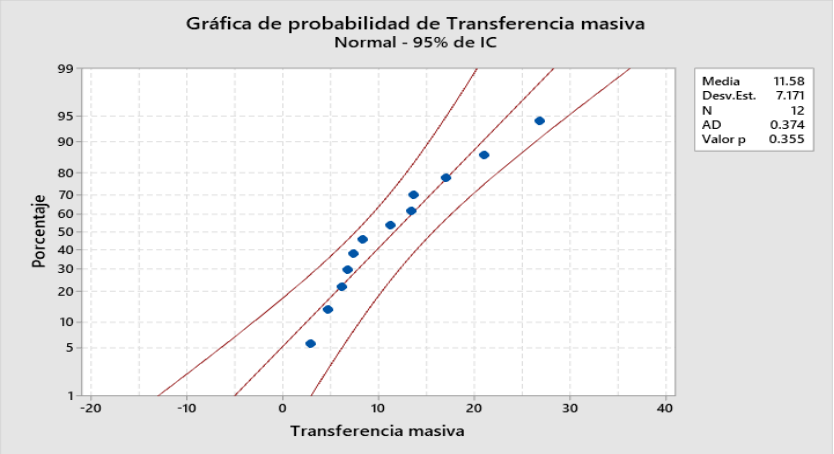
a) Definición de hipótesis

   H0: Los datos originales de las solicitudes del tipo masiva se ajustan a una distribución normal

   H1: Los datos originales de las solicitudes del tipo masiva no se ajustan a una distribución normal

b) Definición del grado de libertad:11
c) Nivel de significancia: α= 0.05

Figura 19. *Prueba de Normalidad de los datos originales del tipo masiva*



De la Figura 19, como el p valor es mayor a 0.05, los datos originales se ajustan a una distribución normal.

Prueba de Normalidad (Kolmogorov)

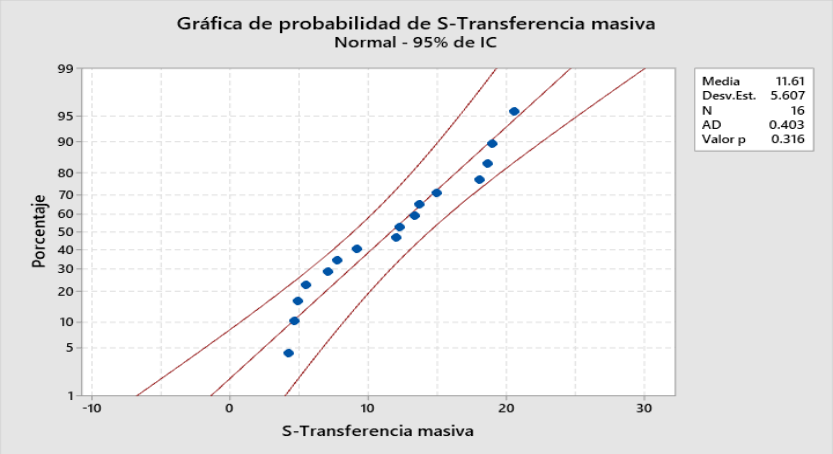
a) Definición de hipótesis

H0: Los datos de la simulación de las solicitudes de las solicitudes del tipo masiva se ajustan a una distribución normal

H1: Los datos de la simulación de las solicitudes de las solicitudes del tipo masiva no se ajustan a una distribución normal

b) Definición del grado de libertad:15
c) Nivel de significancia: α= 0.05

Figura 20. *Prueba de Normalidad de los datos simulados del tipo masiva*



Se obtiene un p valor mayor al nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, los datos de las 16 réplicas de la simulación se ajustan a una distribución normal.

Luego se ha evaluado la prueba T para considerar si la media de los datos obtenidos de la simulación y los originales son iguales.

Prueba T- Student

a) Definición de hipótesis

H0: Las medias de los datos de las solicitudes del tipo masiva originales y de la simulación son iguales.

H1: Las medias de los datos de las solicitudes del tipo masiva originales y de la simulación son diferentes.

Definición del grado de significancia: α=0.05; α/2= 0.025

Media de los datos originales: $\mu = 11.58$

Desviación estándar de los datos originales: $\sigma = 7.17$

Media de los datos simulados: $\mu_s = 11.61$

Desviación estándar de los datos simulados: $\sigma_s = 5.61$

Hallando t calculado:

$$t_c = \frac{\mu - \mu_s}{\sqrt{\frac{{\sigma_1}^2}{n_1} + \frac{{\sigma_2}^2}{n_2}}} = -0.012$$

Hallando t de la tabla de t- Student:

$$t = t_{(1-\alpha/2;n-1)} = 2.056$$

Como $t_c \leq t$, no existe evidencia para rechazar la hipótesis nula; es decir, la media los datos simulados y los datos originales son iguales.

Los datos originales y simulados han sido validados con la prueba de medias, por lo tanto, el modelo construido en Arena refleja la realidad de la situación real (proceso de solicitudes de transferencia).

5.3.2.2 Cálculo del número de réplicas

Con los datos obtenidos de la simulación preliminar se calculó el número de réplicas utilizando la fórmula mencionada por Torres (2010):

$$n < 30 \quad N = \left[\frac{t_{(n-1,1-\alpha/2)} * S_{(n)}}{e}\right]^2$$

La variable de interés es el tiempo de promedio de espera, se encontró que el tiempo promedio de espera para recibir atención es de 11.63 horas para las transferencias individuales y 11.61 paras las transferencias masivas. Se ha calculado el tamaño de réplicas para cada tipo de transferencia y se consideró la mayor.

Transferencia Individual

n = (número de muestras preliminares) = 16

$1 - \alpha = nivel\ de\ confianza = 95\%$

μ = tiempo promedio de espera = 11.63 horas

$S_{(n)}$ = desviación estándar del tiempo promedio de espera = 5.44 horas

e = 0.5 hora

$t_{\left(n-1,1-\frac{\alpha}{2}\right)}$ = 2.131

Haciendo el cálculo correspondiente N, el número de réplicas, debe ser igual a 538 para obtener indicadores confiables.

Transferencia Masiva

n = (número de muestras preliminares) = 16

$1 - \alpha =$ nivel de confianza $= 95\%$

μ = tiempo promedio de espera = 11.61 horas

$S_{(n)}$ = desviación estándar del tiempo promedio de espera = 5.61 horas

e = 0.5 hora

$t_{\left(n-1,1-\frac{\alpha}{2}\right)}$ = 2.131

Haciendo el cálculo correspondiente N, el número de réplicas, debe ser igual a 571.67.

Como resultado de ambos cálculos se va a simular cada escenario con el mayor número de réplicas obtenidas por el tipo de transferencia individual y masiva siendo 571 réplicas.

Por lo tanto, según ambos análisis realizados, se evaluará cada escenario con 571 réplicas por cada alternativa o escenario.

5.4 Experimentación con el modelo de simulación

Se hicieron 571 réplicas, que están conformadas por doce días hábiles. Los siguientes escenarios propuestas son:

A1: En el Área Central se encargan de las transferencias dos analistas (con rendimientos A y D, respectivamente) durante los primeros cinco días hábiles y tres analistas (con rendimientos A, B, D) durante los siete días restantes.

A2: En el Área Central se encargan de las transferencias dos analistas (rendimientos A y B) durante los primeros siete días hábiles y tres analistas durante los cinco días restantes, incluyendo a un analista del tipo de rendimiento B.

A3: En el Área Central se encargan de las transferencias tres analistas durante los primeros doce días hábiles del mes con rendimientos A, B y D.

5.4.1 Escenario 1

Se ha propuesto que durante cinco días se asigne a dos analistas de rendimiento A y C, y los siete días restantes sea asignado a tres analistas de rendimiento A, B y D, en la Tabla 50 y Tabla 51 se muestran los resultados obtenidos luego de evaluarlo en el modelo de simulación.

Tabla 50. *Rendimientos y tiempos de servicio de los analistas para el primer escenario*

	Tiempo de servicio		
Rendimiento	Promedio	Transferencia masiva	Transferencia individual
A	0.375	0.30	0.45
B	0.425	0.19	0.66
D	0.595	0.30	0.89

Tabla 51.*Cantidad de analistas durante los primeros doce días hábiles del primer escenario*

Cantidad de Analistas	Analistas	Días	Horas laborables
2	Analista 3 y Analista 5	5	40
3	Analista 3, Analista 5 y Analista 4	7	56

Si laboran los analistas propuestos, se obtendría que la cantidad de solicitudes atendidas a tiempo se incrementaría de 216 a 314, mientras que la cantidad de solicitudes con retrasos disminuiría a 185, lo representa una disminución del 20% de los datos reales. Los datos obtenidos del primer escenario por día hábil se muestran en la Tabla 52.

Tabla 52. *Resultados de la simulación del escenario 1*

Día Hábil	Solicitudes atendidas a tiempo	Solicitudes Atendidas con retraso
1	30	0
2	32	0
3	28	4
4	16	10
5	6	26
6	9	41
7	17	33
8	25	25
9	32	19
10	37	13
11	40	8
12	42	6
Total	314	185

Se muestra un cuadro comparativo entre los resultados del escenario 1 y la situación real en la Tabla 53. Como se puede observar el tiempo de espera ha disminuido de 12.56 a 4.42 horas, en un 65% aproximadamente.

Tabla 53. *Comparación del escenario 1 vs la situación real*

Tiempo de espera	Solicitudes atendidas a tiempo	Promedio	Mínimo Valor	Máximo Valor
Escenario 1	314	6.23	0	21.17
Situación real	216	11.62	0	26.84

Se observa que el escenario produce un tiempo promedio en el sistema de 4.43, esto ocasionaría que las solicitudes atendidas en el plazo previsto incrementen de 216 a 314. Por otro lado, se obtuvo que las solicitudes en el peor de los casos esperarían como máximo de 21.17 horas lo cual supera a las 8 horas, por lo tanto, se infiere que se debe hacer un tratamiento análogo para los otros escenarios.

5.4.2 Escenario 2

En este escenario se ha asignado a los analistas de rendimientos A y B durante los primeros siete días hábiles y luego aumentar a un analista del tipo de rendimiento B para que apoye en los cinco días restantes. Los datos muestran en la Tabla 54 y

Tabla ***55***.

Tabla 54. *Rendimientos y tiempos de servicio de los analistas para el segundo escenario*

	Tiempo de servicio		Analista
Rendimiento	Transferencia masiva	Transferencia individual	
A	0.30	0.45	analista5
B	0.19	0.63	analista1
B	0.19	0.66	analista4

Tabla 55. *Cantidad de analistas durante los primeros doce días hábiles (escenario 2)*

Cantidad de Analistas	Analistas	Cantidad de días	Horas laborables
2	Analista 4, Analista 5	7	56
3	Analista 1, Analista 4 y Analista 5	5	40

Al realizar la simulación se obtendrían 423 solicitudes atendidas a tiempo y 92 solicitudes atendidas con retraso, lo cual representa el 60% menos de las solicitudes atendidas con retrasos originalmente, los datos obtenidos al simular el segundo escenario por día hábil se muestran en la Tabla 56.

Tabla 56. *Resultados de la simulación del escenario 2*

Día Hábil	Solicitudes atendidas	Solicitudes Atendidas con retraso
1	35	0
2	37	0
3	37	0
4	34	3
5	29	8
6	23	14
7	17	20
8	30	26
9	42	13
10	47	5
11	47	2
12	45	1
Total	423	92

En la Tabla 57 se presenta un cuadro comparativo entre los resultados del escenario 2 y la situación real. Se observa que el escenario 2 produce un 64% menor del tiempo promedio de espera respecto a la situación original y ocasiona 423 de solicitudes atendidas a tiempo. Sin embargo, cabe resaltar que el valor máximo supera a las 8 horas por lo tanto se puede inferir que no es la mejor solución que cumpla con el objetivo de la investigación.

Tabla 57. *Comparación del escenario 2 vs la situación real*

Tiempo de espera	Cantidad de solicitudes atendidas a tiempo	Promedio	Mínimo Valor	Máximo Valor
Escenario 2	423	4.20	0	18.34
Situación real	216	11.62	0	26.84

5.4.3 Escenario 3

Asignar tres analistas (Analista 3, Analista 4 y Analista 5) de rendimiento D, B y A, respectivamente, como se muestra en la Tabla 58

Tabla 58. *Rendimientos de los analistas 3, 4 y 5 para el escenario 3*

	Tiempo de servicio		Analista
Rendimiento	Transferencia masiva	Transferencia individual	
A	0.30	0.45	analista5
B	0.30	0.89	analista3
B	0.19	0.66	analista4

Las horas que van a laborar cada analista sería de 96 horas durante los doce primeros días hábiles. Se obtuvo que se responderían 520 solicitudes atendidas a tiempo y no habría solicitudes atendidas con retraso, los datos originales eran de 216 solicitudes a tiempo y 232 atendidas con retraso.

Las cantidades obtenidas del tercer escenario, durante los doce primeros días y por día hábil están en la Tabla 59.

Tabla 59. *Cantidad de las solicitudes del escenario 3*

Día Hábil	Solicitudes atendidas	Solicitudes Atendidas con retraso
1	40	0
2	43	0
3	44	0
4	44	0
5	44	0
6	44	0
7	43	0
8	44	0
9	44	0
10	43	0
11	44	0
12	43	0
Total	520	0

Como se puede observar el tiempo en promedio de espera será aproximadamente de 1(0.61) hora por cada tipo de solicitud con un valor máximo de 6.96 horas. Ambos cumplen que el tiempo sea menor a ocho horas, los datos están en la Tabla 60 .

Tabla 60. *Tiempo promedio en el sistema del escenario 3*

Escenario	Promedio	Mínimo Valor	Máximo Valor
Escenario 3	0.61	0	6.96

Ya que se ha logrado que el tiempo promedio de espera (PTEST) disminuya en un 95%, y que la cantidad de solicitudes atendidas a tiempo se incremente de 216 a 520, por lo tanto, se puede decir que el tercer escenario es el mejor. (Tabla 61)

Tabla 61. *Comparación del escenario 3 vs la situación real*

Tiempo de espera	Cantidad de solicitudes atendidas a tiempo	Promedio	Mínimo Valor	Máximo Valor
Escenario 3	520	0.61	0	6.96
Situación real	216	11.62	0	26.84

En las siguientes tablas se muestran los resultados por cada alternativa propuesta.

Tabla 62. *Cuadro comparativo de las alternativas propuestas*

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Dos analistas (Rendimientos A y D) 5 primeros días hábiles 3 analistas (Rendimientos A, B, D) 7 días hábiles siguientes	Dos analistas (Rendimientos A y B) 7 primeros días hábiles 3 analistas (Rendimientos A, B, B) 5 días hábiles siguientes	Tres analistas (Rendimientos A, B, D) 12 primeros días hábiles

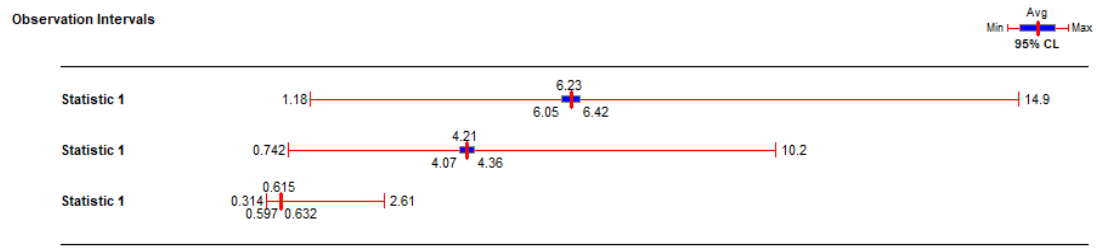
Tabla 63. *Cuadro comparativo de los resultados de la simulación*

Indicadores de rendimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Solicitudes atendidas a tiempo	314 solicitudes atendidas a tiempo	423 solicitudes atendidas a tiempo	520 solicitudes atendidas a tiempo
Solicitudes atendidas con retraso	185 solicitudes atendidas con retraso	92 solicitudes atendidas con retraso	0 solicitudes atendidas con retraso
Tiempo promedio de espera(horas)	6.23 horas en promedio	4.20 horas en promedio	0.61 horas en promedio
Máximo valor(horas) de atención	21.17 horas en promedio	18.34 horas en promedio	6.96 horas en promedio

Para un análisis más exhaustivo se ha evaluado para cada tipo de transferencia los tres escenarios usando el Output Analizer.

Transferencia Individual

Figura 21. *Intervalos de confianza de los tres escenarios propuestos para el tipo de transferencia individual*



Classical C.I. Intervals Summary

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.	
Statistic 1	6.23	2.27	0.187	1.18	14.9	571	**ESCN 1**
Statistic 1	4.21	1.81	0.148	0.742	10.2	571	**ESCN 2**
Statistic 1	0.615	0.215	0.0176	0.314	2.61	571	**ESCN 3**

En la **Figura 21** se muestran los intervalos de confianza por cada escenario obtenidos del Output Analyzer.

Interpretación:

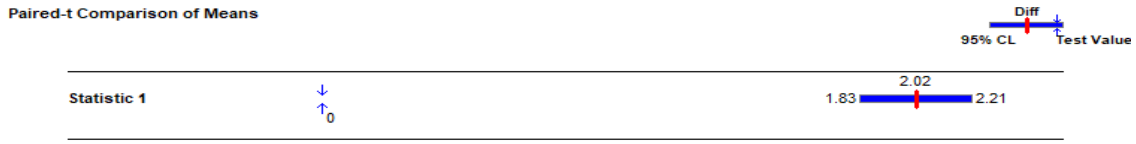
Para el primer escenario se puede observar que el valor esperado es de 6.23 horas que representa el tiempo desde que ingresa la solicitud hasta que se es atendida la transferencia del tipo individual de las 571 réplicas analizadas lo cual está comprendida entre los valores 6.05 horas y 6.42 horas con un 95% de probabilidad.

Para el segundo escenario se puede observar que el valor esperado es de 4.21 horas que representa el tiempo desde que ingresa la solicitud hasta que se es atendida la transferencia del tipo individual de las 571 réplicas analizadas lo cual está comprendida entre los valores 4.07 horas y 4.36 horas con un 95% de probabilidad.

Para el tercer escenario se puede observar que el valor esperado es de 0.62 horas que representa el tiempo desde que ingresa la solicitud hasta que se es atendida la transferencia del tipo individual de las 571 réplicas analizadas lo cual está comprendida entre los valores 0.314 horas y 0.632 horas con un 95% de probabilidad.

Además, para obtener el mejor escenario se ha realizado las comparaciones de medias del indicador del tiempo de espera promedio.

Figura 22. *Comparación de medias del escenario 1 vs escenario 2 del tipo individual*




```
        Paired-T Means Comparison :

     IDENTIFIER          ESTD. MEAN   STANDARD  0.950 C.I.    MINIMUM    MAXIMUM  NUMBER
                         DIFFERENCE  DEVIATION  HALF-WIDTH      VALUE      VALUE  OF OBS
-------------------------------------------------------------------------------------------
Statistic 1                    2.02       2.33       0.192       1.18       14.9     571
                                                                 0.742       10.2     571
        REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL  AT  0.05 LEVEL
```

Se puede observar que existe diferencia significativa, que con el 95% de confianza las medias no son iguales y se rechaza la hipótesis nula Ho. Además el intervalo resultante es [+,+]; por lo tanto, se infiere que el escenario 2 es mejor que el escenario 1.

Figura 23.*Comparación de medias del escenario 2 vs escenario 3 del tipo individual*

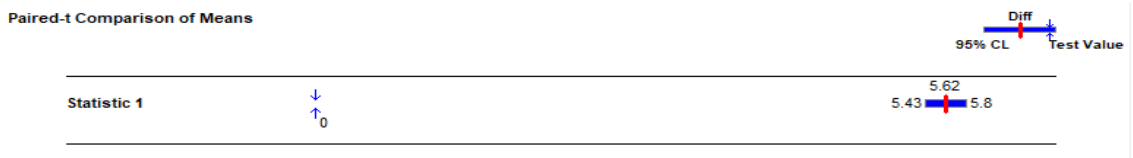



```
        Paired-T Means Comparison :

     IDENTIFIER         ESTD. MEAN   STANDARD  0.950 C.I.    MINIMUM    MAXIMUM  NUMBER
                        DIFFERENCE  DEVIATION  HALF-WIDTH      VALUE      VALUE  OF OBS
-------------------------------------------------------------------------------------
Statistic 1                    3.6       1.78       0.146      0.742       10.2     571
                                                               0.314       2.61     571
        REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL  AT  0.05 LEVEL
```

En la figura se observa que el intervalo resultante es [+,+], por lo tanto, se infiere que el escenario 3 es mejor que el escenario 2.

Figura 24. *Comparación de medias del escenario 1 vs escenario 3 del tipo individual*




```
        Paired-T Means Comparison :

     IDENTIFIER         ESTD. MEAN   STANDARD  0.950 C.I.    MINIMUM    MAXIMUM  NUMBER
                        DIFFERENCE  DEVIATION  HALF-WIDTH      VALUE      VALUE  OF OBS
-------------------------------------------------------------------------------------
Statistic 1                   5.62       2.25       0.185       1.18       14.9     571
                                                               0.314       2.61     571
        REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL  AT  0.05 LEVEL
```

En la figura se observa que el intervalo resultante es [+,+], por lo tanto, se infiere que el escenario 3 es mejor que el escenario 1.

Debido a los análisis realizados se comprende que el mejor escenario que tiene un tiempo promedio de espera menor es el tercero.

Del mismo modo se ha evaluado para el tipo de transferencia masiva, lo cual se ha obtenido que el tercer escenario es el mejor.

Por lo tanto, es válido mencionar que el mejor escenario para que el tiempo promedio de espera sea menor es el tercero.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Un primer hallazgo importante fue que en los primeros 12 días se recibe una mayor cantidad de solicitudes. Las solicitudes con retraso se dan durante todo el mes, pero los retrasos se generan porque no se atendieron a tiempo durante los doce primeros días del mes. Por ello, se ha estudiado solo el comportamiento de las llegadas en dichos días en dos grupos, uno para las transferencias individuales y el otro para las masivas, porque se encontró que los comportamientos eran diferentes. Luego, se hizo por cada tipo un histograma y las pruebas de bondad de ajuste correspondiente, obteniendo que se ajustan a una distribución exponencial con media de 0.371 horas y 0.366 horas, respectivamente, ambas con un *offset* de -0.001.

Para conocer la distribución de probabilidad del tiempo de atención de las solicitudes de transferencia del Área central, se analizó los tiempos de servicio de los analistas que han laborado desde el mes de octubre (2019) a marzo (2020) por cada tipo de transferencia. Se hicieron pruebas para determinar si los analistas tenían los mismos tiempos de servicio, encontrándose cinco grupos en base a su rendimiento siendo A (experto), B (proficiente), C (competente), D (principiante) y E (novato); por último, se estimaron las distribuciones de probabilidad de los tiempos de atención.

Con el objetivo de representar el proceso de transferencias de clientes entre asesores crediticios se hizo el modelo de simulación en Arena versión estudiantil, el cual refleja la situación de los primeros doce días hábiles, contrastando los datos simulados con los datos originales, extraídos de la plataforma de la entidad microfinanciera.

Para obtener el escenario que permita que el tiempo de espera sea menor a dos días hábiles se ha experimentado con los tres escenarios siguientes:

A1: En el Área Central se encargan de las transferencias dos analistas (con rendimientos A y D respectivamente) durante los primeros cinco días hábiles y tres analistas (con rendimientos A, B, D) durante los siete días restantes.

A2: E el Área Central se encargan de las transferencias dos analistas (rendimientos A y B) durante los primeros siete días hábiles y tres analistas durante los cinco días restantes, incluyendo a un analista del tipo de rendimiento B.

A3: En el Área Central se encargan de las transferencias tres analistas durante los primeros doce días hábiles del mes con rendimientos A, B y D.

Otro hallazgo importante fue que el tercer escenario simulado disminuyó el tiempo de espera promedio en un 95%, la cantidad de solicitudes atendidas a tiempo se incrementó de 216 a 520 durante los primeros doce días del mes y la cantidad de solicitudes atendidas con retraso fue nula.

Es por ello por lo que, este trabajo de investigación propone implementar el tercer escenario: Tres analistas de cada tipo de rendimiento, es decir, por lo menos que uno sea del tipo A y otro del tipo B, para que la cantidad de solicitudes atendidas aumente, el tiempo promedio en cola disminuya y la cantidad de solicitudes con retraso de más de dos días sea nula. La realización de la propuesta mencionada tendrá como consecuencia la satisfacción de los clientes, una buena imagen del Área Central y el crecimiento de clientes de la entidad microfinanciera.

Finalmente, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Establecer una meta de solicitudes atendidas diaria por cada analista.
- Tener un plan de capacitación para los analistas que tienen rendimiento de D y E; ya que esto puede repercutir en el tiempo de atención de las solicitudes y agilizar el proceso de las transferencias.
- Validar permanentemente los datos que se registran en la plataforma para posibles estudios futuros.
- Asegurar que los líderes de cada agencia conozcan los lineamientos del proceso de transferencias para que no sea devuelta la solicitud, hecho que ocasiona un retraso adicional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apuntalando a las mypes. (28/04/2020). Obtenido de El Peruano: https://elperuano.pe/noticia/95072-apuntalando-a-las-mypes

ASBANC. (22/05/2019). *Las microfinanzas: Instrumento de crecimiento para las mypes*. Obtenido de ASBANC Asociación de bancos en el Perú: https://asbanc.com.pe/Publicaciones/ASBANC-SEMANAL-319-Microfinanzas.pdf

Ackoff(1974).*Pensamiento sistémico.* Recuperado de:https://isabelportoperez.files.wordpress.com/2011/11/el-paradigma-de-ackoff-administracic3b3n-sistc3a9mica.pdf

Banks, C.,&Sokolowaski,J. (2009). *Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/267111391_Principles_of_Modeling_and_Simulation_A_Multidisciplinary_Approach

Bank, J., Carson II, J.& Nelson, B. (s.f) *Discrete-Event System Simulation.* Recuperado de:https://vulms.vu.edu.pk/Courses/CS620/Downloads/Discrete%20Event%20System%20Simulatio%20-%20Jerry%20Banks.pdf

Cao, R. (2002). *Introducción a la simulación y a la teoría de colas*. Recuperado de: https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/11918/8497450175.pdf

Chingaté, V. (2018). Estrategias de mejoramiento en el sistema de líneas de espera en Bancamía S.A empleando simulación discreta (Proyecto de grado). Universidad Libre, Bogotá , Colombia. Recuperado de https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9066/DOCUMENTO%20FINAL%20PROYECTO%20DE%20GRADO%20VIVIANA%20MARCELA%20CHINGAT%C3%89%20%C3%81VILA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Dreyfus, S.,&Dreyfys,H. (1980). A five stage model of the mental activities involved in directed skill acquisition. Recuperado de: http://www.researchgate.net/publication/235125013_A_Five-

Stage_Model_of_the_Mental_Activities_Involved_in_Directed_Skill_Acquisition/citations#fullTextFileContent

Fullana C. & Urquía, E. (2009). Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación. Recuperado de http://www.encuentrosmultidisciplinares.org/Revistan%C2%BA32/Carmen_Fullana_Belda_y_Elena_Urqu%C3%ADa_Grande.pdf.

García, J. (2011). La simulación basada en agentes: una nueva forma de explorar los fenómenos sociales. REIS, Vol.136, pp.91-110.doi:10.5477/cis/reis.136.91

Harrington, H. J., Tumay, K., citado en Fullana, C., Urquía, E. (2009). *Los modelos de simulación: Una herramienta multidisciplinar de investigación*. Recuperado de: http://encuentrosmultidisciplinares.org/Revistan%C2%BA32/Carmen_Fullana_Belda_y_Elena_Urqu%C3%ADa_Grande.pdf

Hillier, F & Liberman, G.(1999).Introducción a la investigación de operaciones. D.F,Mexico:The McGraw-Hill.

Izar, J. (1998). *Fundamentos de Investigación de Operaciones para Administración.* Volumen II. Mexico: Universitaria Potosina.

Kelton, D., Sadowski, R. & Sturrok, D.(sin fecha).*Simulación con el software Arena.* Recuperado de: https://jrvargas.files.wordpress.com/2010/02/simulacion-arena-kelton-sadowski-20081.pdf

Olarte, J. (2019). Simulación de sistemas dinámicos para líneas de espera(tesis de maestría). Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cuzco, Cuzco, Perú. Recuperado de http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/4357?show=full

Peralta, J. (2012). Simulación de procesos a través de eventos discretos. Revista Inventio, Vol. 15, pp. 71-74

Reynoso, J. (2018). Aplicación de la Simulación de sistemas para reducir la formación de colas en Pizza Palace (tesis de pregrado). Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, Perú. Recuperado de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/695/1/T026_43906182_T.pdf

Robinson,S., Brooks,R., Kotiadis,K. y Van der Zee, D.(2011).*Conceptual Modeling for Discrete-Event Simulation.* Recuperado de: http://www.flexsimbrasil.com.br/downloads/ConceptualModelingDES.pdf

Sevilla, V. y Poma, D. (2016). Mejora del nivel de servicio en la atención presencial en una empresa de telecomunicaciones empleando simulación de eventos discretos(Proyecto de grado).Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima , Perú. Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6853/SEVILLA_C%c3%89SAR_POMA_DANIEL_MEJORA_SERVICIO_ATENCI%c3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Shannon, R., citado en Coss, R. (2003). *Simulación: un enfoque práctico*. México: Limusa

Torres, P. (2010). *Simulación de sistemas con el software Arena*. Perú: Universidad de Lima

Uribe, N., Vásquez, N.,Usuga, D., y Fernando, Y.(2017).Propuesta de mejora a los altos tiempos de espera en puntos de atención al usuario en una entidad promotora de salud empleando simulación discreta, Scientia et Technica, 22(4), 345-351.Recuperado de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6409602

Winston, W.(2005) *Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos. Tomo II(4ª Edición*). Mexico:Thomson

Anexos

Anexo 1. Lineamientos de la empresa

El asesor de origen y destino de la transferencia deben de pertenecer a una misma zona.

1. Los asesores deben de tener solo clientes de pequeña empresa o de mediana pe ambos

2. Los asesores no deben de tener una cartera mayor de s/ 5 000 000.00.

3. Los asesores no deben de tener más clientes que la cantidad permitida como muestra la **Tabla 64¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** .

En el Área Central actualmente se encuentran laborando 4 personas y tienen un horario de ocho horas laborables.

Tabla 64. *Cantidad de clientes según el nivel de responsabilidad*

	Crédito Promedio						
Cargo del asesor	[0-3000>	[3000-5000>	[5000-7000>	[7000-11000>	[11000-16000>	[16000-20000>	[20000-más
Nivel uno	138	180	160	140	120	60	80
Nivel dos	280	255	225	200	160	150	130
Nivel tres	300	275	250	220	155	145	140
Nivel cuatro	300	300	265	230	190	170	150
Nivel cinco	280	320	280	240	200	190	175

En la Tabla 67 muestra que un asesor de Nivel cinco, con un crédito o cartera promedio de 5000 y 7000 puede tener a lo más 280 clientes.

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

Tabla 65. *Filtros utilizados de la plataforma de la microfinanciera*

Clave	Estado	Motivo	Líder responsable	Tipo de solicitud	Responsable de la solicitud	Fecha de asignación de la solicitud	Fecha de atención de la solicitud	Fin de la atención(Hora)	Duración del servicio (Horas)
SOL-60942	Resuelto	Ordenamiento de cartera individual	12867	Transferencia Masiva	Analista 2	02/10/2019 9:00	02/10/2019 9:00	9:43	0.717
SOL-60943	Resuelto	Incremento de dotación	78313	Transferencia Masiva	Analista 1	02/10/2019 9:01	02/10/2019 9:10	9:34	0.400
SOL-60944	Resuelto	Licencia mayor a 1 mes	12499	Transferencia Individual	Analista 1	02/10/2019 9:08	02/10/2019 9:34	9:41	0.117
SOL-60945	Resuelto	Incremento de dotación	16336	Transferencia Masiva	Analista 1	02/10/2019 9:25	02/10/2019 9:41	10:25	0.733
SOL-60946	Resuelto	Ordenamiento de cartera individual	61085	Transferencia Masiva	Analista 2	02/10/2019 9:26	02/10/2019 9:43	10:25	0.700
SOL-60947	Resuelto	Licencia mayor a 1 mes	60760	Transferencia Masiva	Analista 1	02/10/2019 9:33	02/10/2019 10:25	11:46	1.350
SOL-60948	Resuelto	Ordenamiento de cartera individual	60378	Transferencia Masiva	Analista 2	02/10/2019 9:46	02/10/2019 10:25	11:10	0.750

Anexo 3. Pruebas de bondad de ajuste y distribuciones de probabilidad

A). Pruebas de hipótesis por cada tipo de transferencia

Transferencia Individual

- Analista 1 y analista 2

Tabla 66.*Estimación de la diferencia del analista 1 y 2 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,1257	(-0,1572; -0,0941)

Tabla 67. *Prueba de hipótesis del analista 1 y 2 (T.Individual)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-7,90	99	0,000

- Analista 1 y analista 3

Tabla 68. *Estimación de la diferencia del analista 1 y 3(T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,11906	(-0,13843; -0,09969)

Tabla 69. *Prueba de hipótesis del analista 1 y 3 (T.Individual)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-12,12	193	0,000

- Analista 2 y analista 3

Tabla 70.*Estimación de la diferencia del analista 2 y 3(T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,0066	(-0,0226; 0,0358)

Tabla 71. *Prueba de hipótesis del analista 2 y 3 (T.Individual)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
0,45	77	0,655

❖ Analista 1 y analista 4

Tabla 72. *Estimación de la diferencia del analista 1 y 4 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,01233	(-0,00445; 0,02912)

Tabla 73. *Prueba de hipótesis del analista 1 y 4 (T.Individual)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
1,45	118	0,148

❖ Analista 2 y analista 4

Tabla 74. *Estimación de la diferencia del analista 2 y 4 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,1133	(-0,1410; -0,0857)

Tabla 75. *Prueba de hipótesis del analista 2 y 4 (T.Individual)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-8,20	61	0,000

❖ Analista 3 y Analista 4

Tabla 76. *Estimación de la diferencia del analista 3 y 4(T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,10673	(-0,11831; -0,09515)

Tabla 77. *Prueba de hipótesis del analista 3 y 4 (T.Individual)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-18,15	253	0,000

❖ Analista 1 y analista 5

Tabla 78. *Estimación de la diferencia del analista 1 y 5 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,11926	(0,09973; 0,13878)

Tabla 79. *Prueba de hipótesis del analista 1 y 5(T.Individual)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
12,04	216	0,000

❖ Analista 2 y analista 5

Tabla 80. *Estimación de la diferencia del analista 2 y 5 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,0064	(-0,0358; 0,0230)

Tabla 81. *Prueba de hipótesis del analista 2 y 5 (T.Individual)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-0,43	78	0,665

❖ Analista 3 y analista 5

Tabla 82. *Estimación de la diferencia del analista 3 y 5 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,00019	(-0,01512; 0,01551)

Tabla 83. *Prueba de hipótesis del analista 3 y 5 (T.Individual)*

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

Valor T	GL	Valor p
0,02	637	0,980

❖ Analista 4 y analista 5

Tabla 84. *Estimación de la diferencia del analista 4 y 5(T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,10692	(0,09511; 0,11874)

Tabla 85. *Prueba de hipótesis del analista 4 y 5 (T.Individual)*

Hipótesis nula		H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
17,75	1117	0,000

❖ Analista 6 y analista 1

Tabla 86. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 1 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,1397	(0,1171; 0,1622)

Tabla 87. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 1 (T.Individual)*

Hipótesis nula		H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
12,18	236	0,000

❖ Analista 6 y analista 2

Tabla 88. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 2 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,0140	(-0,0174; 0,0454)

Tabla 89. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 2 (T.Individual)*

Hipótesis nula		H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
0,88	100	0,379

❖ Analista 6 y analista 3

Tabla 90. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 3 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,02059	(0,00148; 0,03970)

Tabla 91. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 3(T.Individual)*

Hipótesis nula	H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
2,12	258	0,035

❖ Analista 6 y analista 4

Tabla 92. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 4 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,12732	(0,11084; 0,14379)

Tabla 93. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 4 (T.Individual)*

Hipótesis nula	H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
15,26	163	0,000

❖ Analista 6 y analista 5

Tabla 94. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 5 (T.Individual)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,02039	(0,00113; 0,03966)

Tabla 95. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 5 (T.Individual)*

Hipótesis nula	H_0: $\mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	H_1: $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
2,08	299	0,038

Transferencia Masiva

❖ Analista 1 y analista 2

Tabla 96. *Estimación de la diferencia del analista 1 y 2 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,1694	(-0,2210; -0,1179)

Tabla 97. *Prueba de hipótesis del analista 1 y 2 (T. Masiva)*

Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
-6,47	267	0,000

❖ Analista 3 y analista 2

Tabla 98. *Estimación de la diferencia del analista 3 y 2 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,0934	(0,0494; 0,1374)

Tabla 99. *Prueba de hipótesis del analista 3 y 2 (T.Masiva)*

Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
4,18	213	0,000

❖ Analista 2 y analista 4

Tabla 100. *Estimación de la diferencia del analista 2 y 4 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,1390	(-0,1792; -0,0987)

Tabla 101. *Prueba de hipótesis del analista 2 y 4 (T.Masiva)*

Hipótesis nula	$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$	
Hipótesis alterna	$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$	
Valor T	GL	Valor p
-6,82	166	0,000

❖ Analista 3 y analista 4

Tabla 102. *Estimación de la diferencia del analista 3 y 4 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,2323	(-0,2643; -0,2004)

Tabla 103. *Prueba de hipótesis del analista 3 y 4 (T.Masiva)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-14,28	459	0,000

❖ Analista 5 y analista 1

Tabla 104. *Estimación de la diferencia del analista 5 y 1 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,1848	(-0,2253; -0,1442)

Tabla 105. *Prueba de hipótesis del analista 5 y 1 (T.Masiva)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-8,99	241	0,000

❖ Analista 5 y analista 2

Tabla 106. *Estimación de la diferencia del analista 5 y 2 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,3542	(-0,3930; -0,3154)

Tabla 107. *Prueba de hipótesis del analista 5 y 2 (T.Masiva)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-18,02	144	0,000

❖ Analista 5 y analista 3

Tabla 108. *Estimación de la diferencia del analista 5 y 3 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,4476	(-0,4778; -0,4174)

Tabla 109. *Prueba de hipótesis del analista 5 y 3 (T.Masiva)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-29,15	375	0,000

❖ Analista 4 y analista 5

Tabla 110. *Estimación de la diferencia del analista 4 y 5(T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,2152	(-0,2395; -0,1910)

Tabla 111. *Prueba de hipótesis del analista 4 y 5 (T.Masiva)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-17,42	1153	0,000

❖ Analista 6 y analista 1

Tabla 112.*Estimación de la diferencia del analista 6 y 1 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,2599	(0,2166; 0,3031)

Tabla 113. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 1 (T.Masiva)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
11,82	272	0,000

❖ Analista 6 y analista 2

Tabla 114. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 2 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,0904	(0,0487; 0,1321)

Tabla 115. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 2 (T.Masiva)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
4,28	173	0,000

❖ Analista 6 y Analista 3

Tabla 116. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 3 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,0030	(-0,0368; 0,0309)

Tabla 117. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 3(T.Masiva)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-0,17	331	0,863

❖ Analista 6 y analista 4

Tabla 118. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 4(T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,2294	(0,2007; 0,2581)

Tabla 119. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 4 (T.Masiva)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
15,72	332	0,000

❖ Analista 6 y analista 5

Tabla 120. *Estimación de la diferencia del analista 6 y 5 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
0,4446	(0,4179; 0,4713)

Tabla 121. *Prueba de hipótesis del analista 6 y 5 (T.Masiva)*

Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
32,79	255	0,000

❖ Analista 1 y analista 4

Tabla 122. *Estimación de la diferencia del analista 1 y 4 (T.Masiva)*

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
-0,0305	(-0,0723; 0,0114)

Tabla 123. *Prueba de hipótesis del analista 1 y 4 (T.Masiva)*

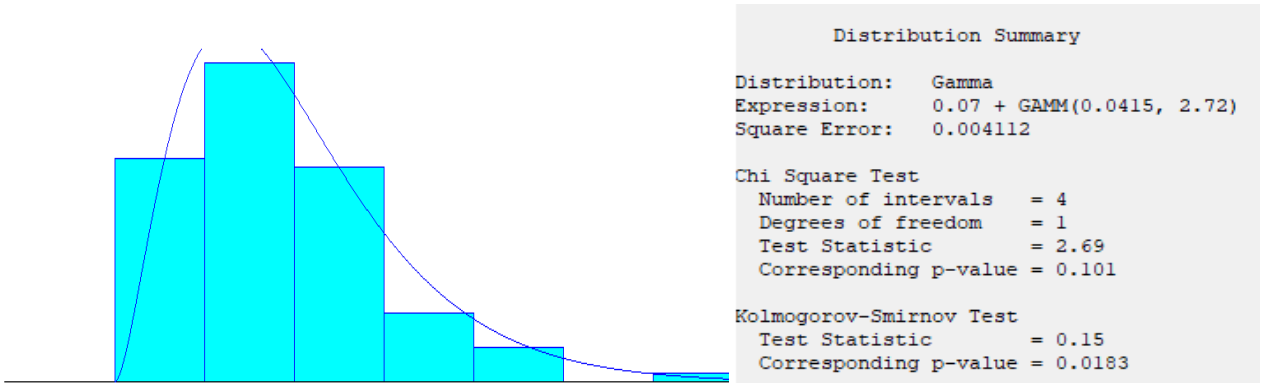
Hipótesis nula		$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna		$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$
Valor T	GL	Valor p
-1,43	274	0,153

B) Distribución de probabilidad de los tiempos de realizar la transferencia por cada tipo y por cada analista.

Transferencia Individual

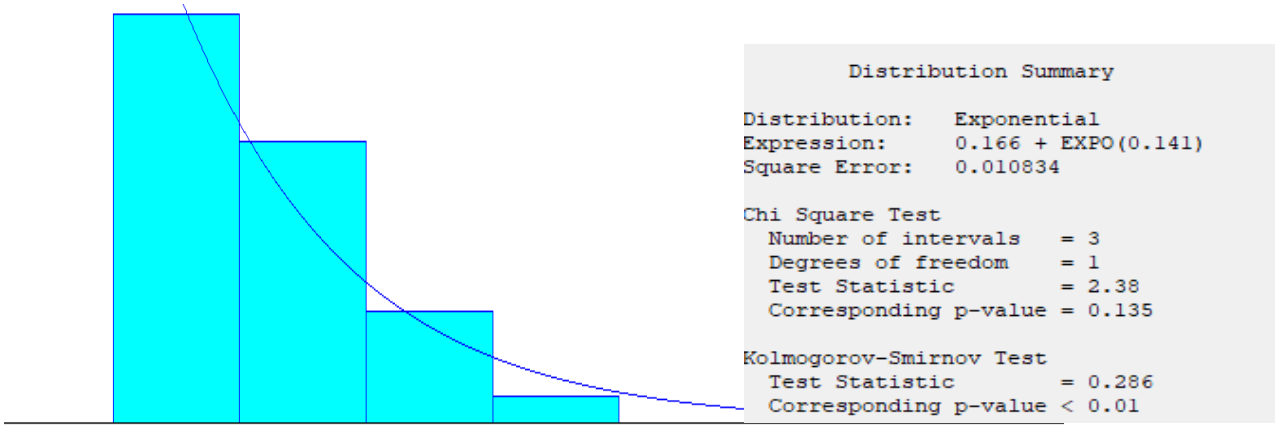
Analista 1

Figura 25. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 1 (T.Individual)*



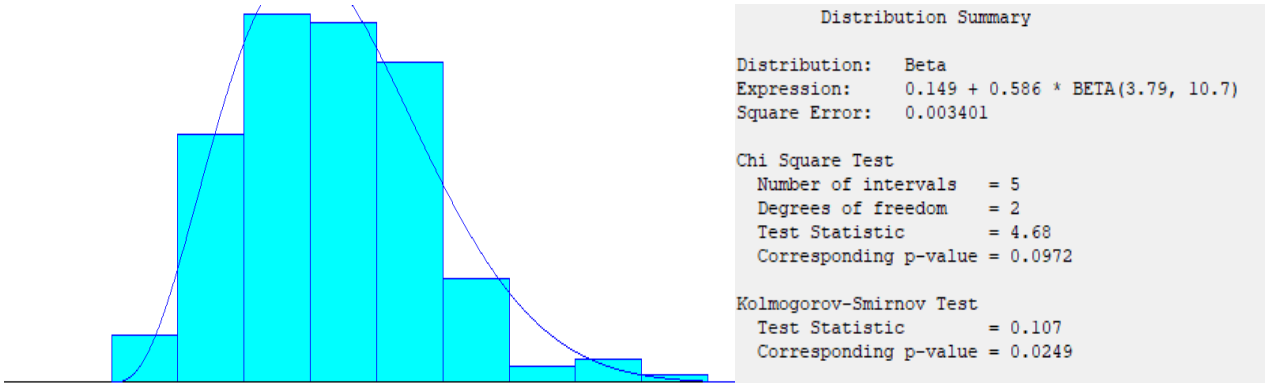
Analista 2

Figura 26. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 2 (T.Individual)*



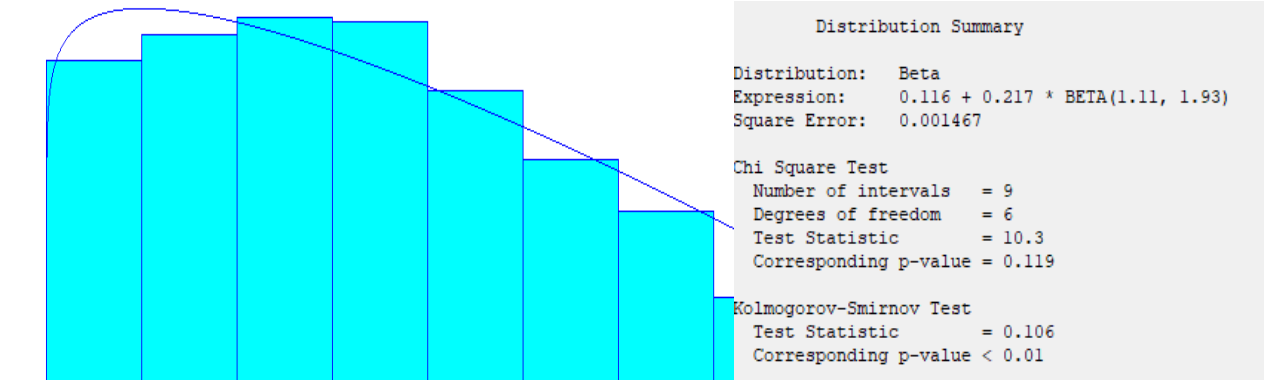
Analista 3

***Figura 27**. Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 3(T.Individual)*



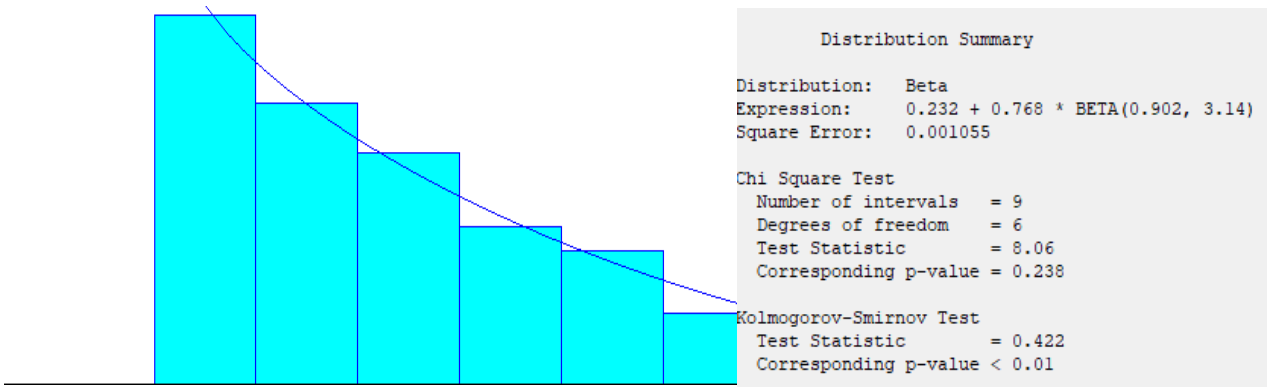
Analista 4

***Figura 28**. Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 4(T.Individual)*



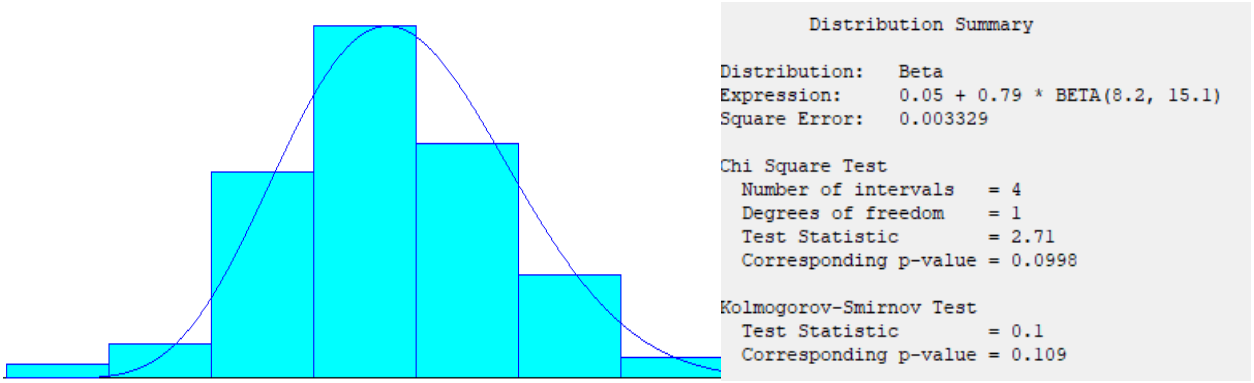
Analista 5

***Figura 29.** Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 5 (T.Individual)*



Analista 6

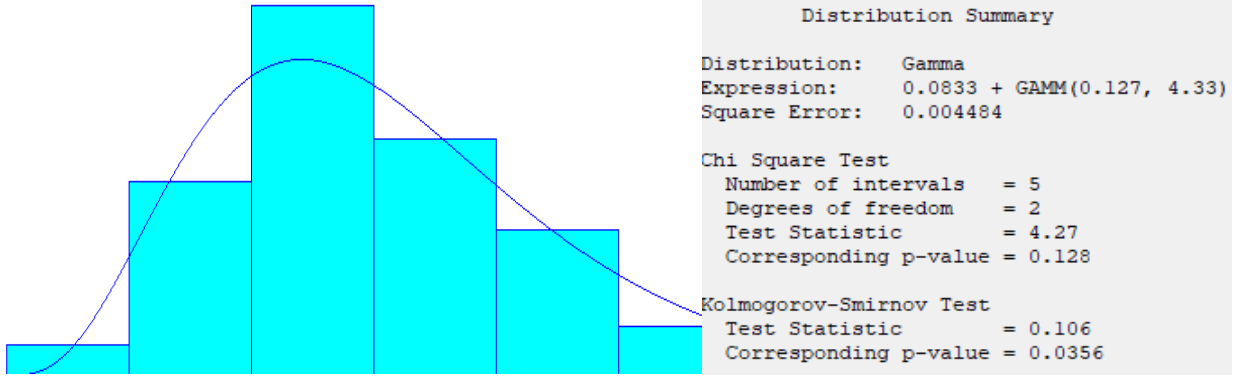
Figura 30*.Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 6 (T.Individual)*



Transferencia masiva

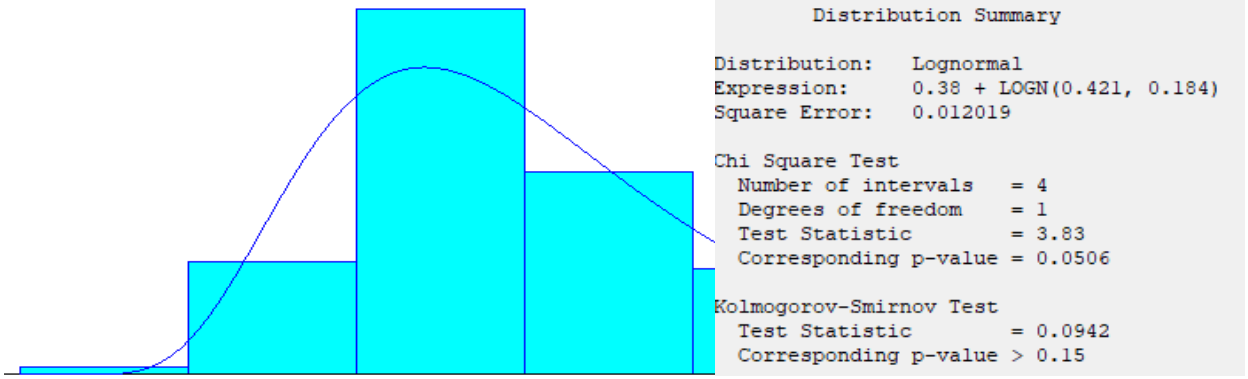
Analista 1

Figura 31*. Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 1 (T.Masiva)*



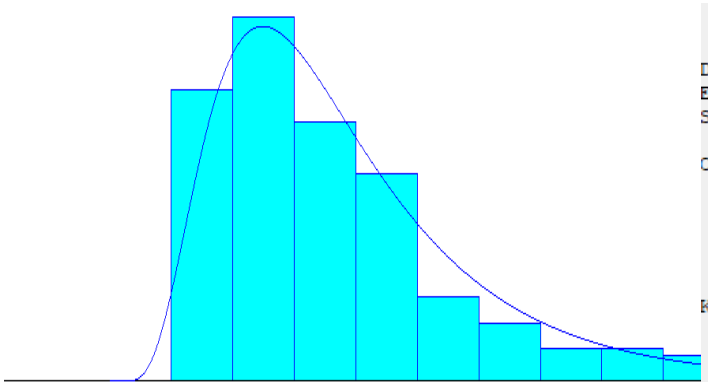
Analista 2

Figura 32*. Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 2 (T.Masiva)*



Analista 3

Figura 33. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 3 (T.Masiva)*



Distribution Summary

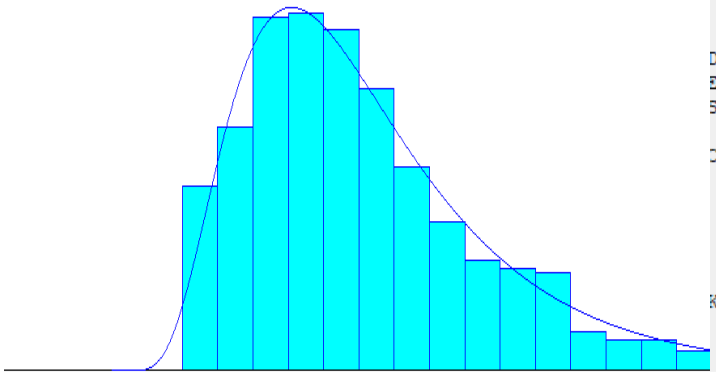
Distribution: Lognormal
Expression: 0.57 + LOGN(0.323, 0.192)
Square Error: 0.004466

Chi Square Test
Number of intervals = 7
Degrees of freedom = 4
Test Statistic = 5.8
Corresponding p-value = 0.224

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.061
Corresponding p-value > 0.15

Analista 4

Figura 34. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 4 (T.Masiva)*



Distribution Summary

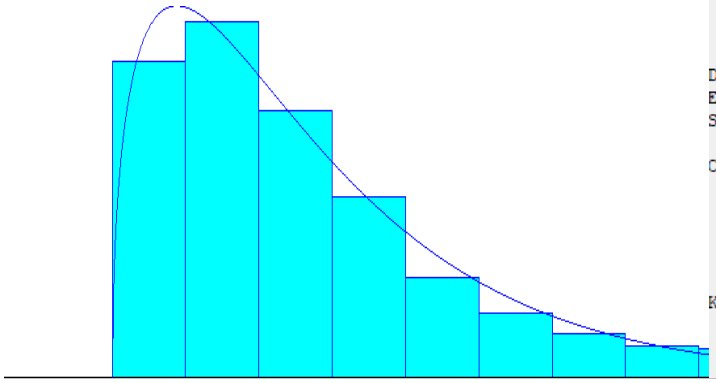
Distribution: Lognormal
Expression: 0.2 + LOGN(0.461, 0.248)
Square Error: 0.000965

Chi Square Test
Number of intervals = 15
Degrees of freedom = 12
Test Statistic = 13.5
Corresponding p-value = 0.349

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.0493
Corresponding p-value = 0.0764

Analista 5

Figura 35. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 5 (T.Masiva)*



Distribution Summary

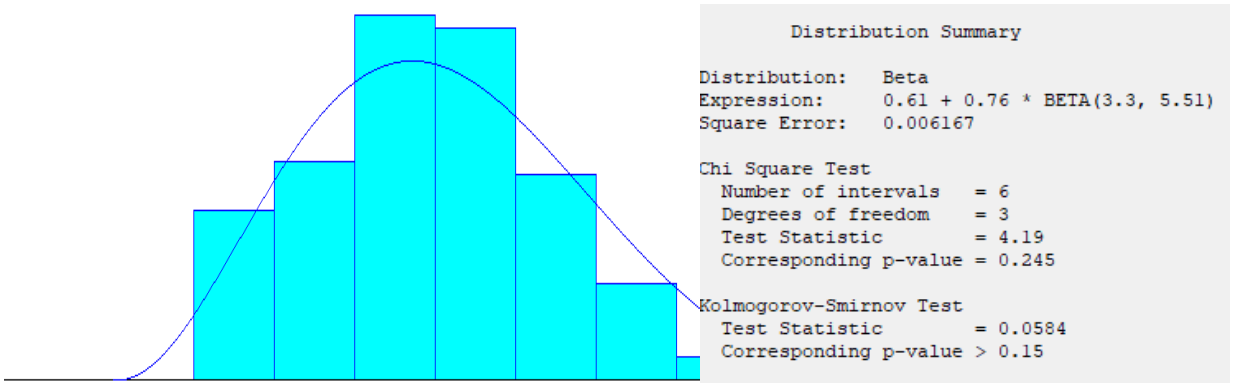
Distribution: Gamma
Expression: 0.232 + GAMM(0.147, 1.46)
Square Error: 0.000494

Chi Square Test
Number of intervals = 9
Degrees of freedom = 6
Test Statistic = 8.71
Corresponding p-value = 0.203

Kolmogorov-Smirnov Test
Test Statistic = 0.081
Corresponding p-value < 0.01

Analista 6

Figura 36. *Distribución de probabilidad del tiempo(horas) de servicio del analista 6 (T.Masiva)*



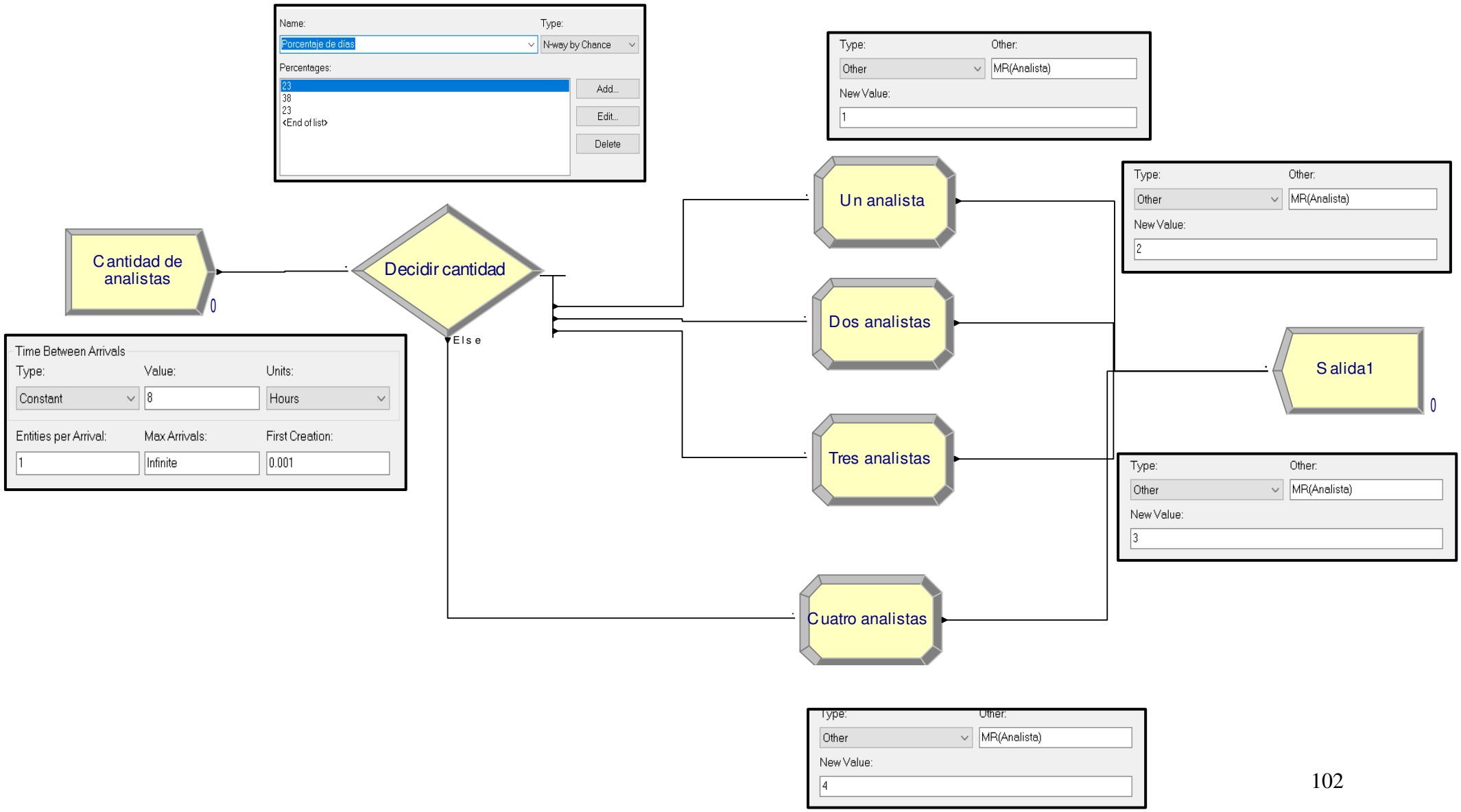
Anexo 4. Resultados y construcción del modelo de simulación

A) Resultados del modelo de simulación: Grupo 1 significa los resultados de primer día hábil, Grupo 2 son los resultados del segundo día hábil, y así sucesivamente.

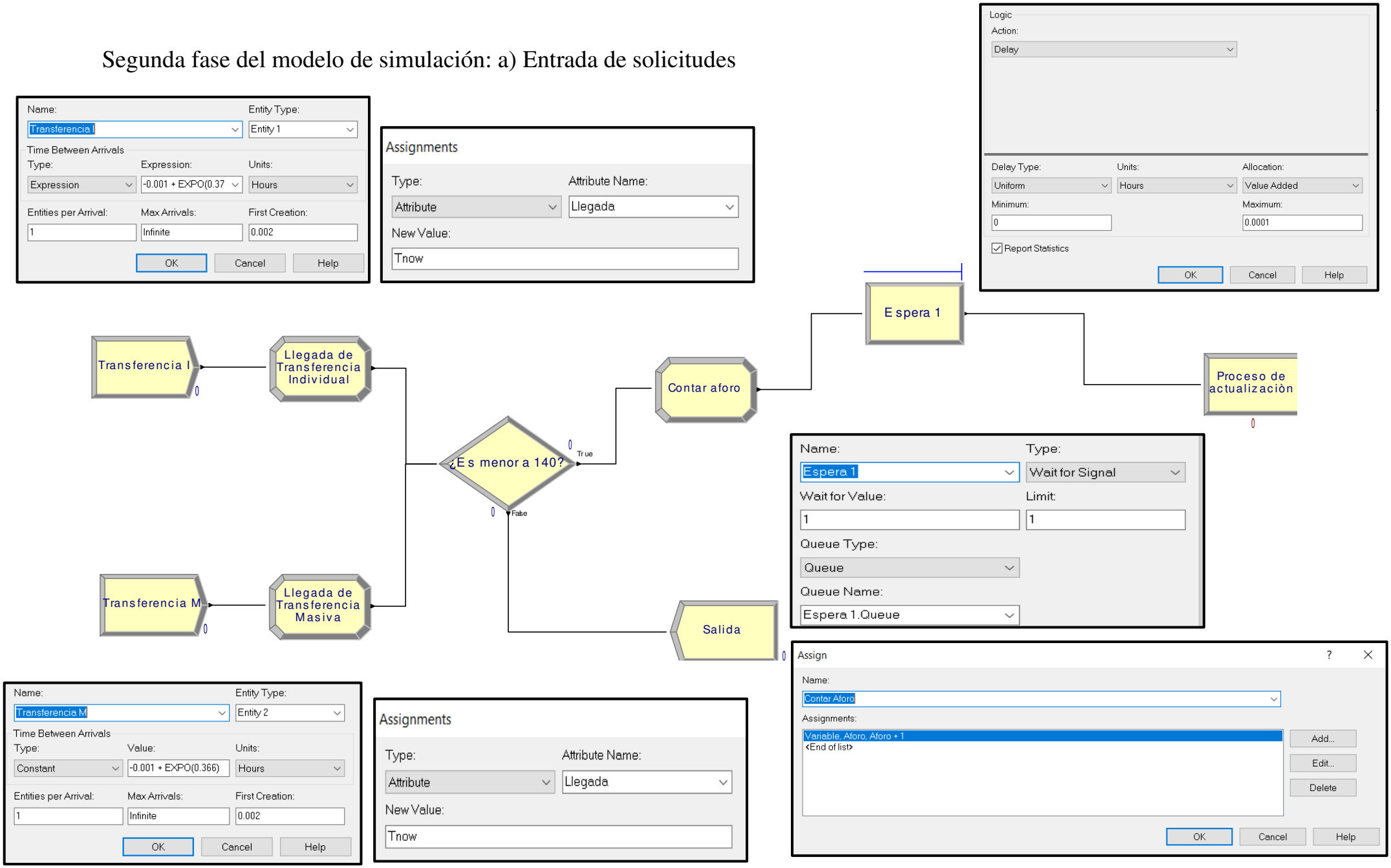
Figura 37. *Resultados del modelo de simulación*

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
GRUPO 1 Solicitudes atendidas a tiempo	24.0000	6.05	11.0000	42.0000
Grupo 1 Solicitudes retrasadas	0.00	0.00	0.00	0.00
GRUPO 10 Solicitudes atendidas a tiempo	4.7500	6.71	0.00	37.0000
Grupo 10 Solicitudes retrasadas	29.4375	10.68	0.00	63.0000
GRUPO 11 Solicitudes atendidas a tiempo	5.1875	7.69	0.00	49.0000
Grupo 11 Solicitudes retrasadas	30.0625	11.30	0.00	66.0000
GRUPO 12 Solicitudes atendidas a tiempo	2.1250	3.65	0.00	27.0000
Grupo 12 Solicitudes retrasadas	38.8125	9.43	9.0000	66.0000
GRUPO 2 Solicitudes atendidas a tiempo	37.1875	8.52	4.0000	58.0000
Grupo 2 Solicitudes retrasadas	1.7500	2.35	0.00	13.0000
GRUPO 3 Solicitudes atendidas a tiempo	25.3750	9.78	0.00	63.0000
Grupo 3 Solicitudes retrasadas	5.5000	5.40	0.00	32.0000
GRUPO 4 Solicitudes atendidas a tiempo	20.3125	11.29	0.00	57.0000
Grupo 4 Solicitudes retrasadas	12.6250	7.17	0.00	36.0000
GRUPO 5 Solicitudes atendidas a tiempo	19.1250	13.17	0.00	64.0000
Grupo 5 Solicitudes retrasadas	18.7500	9.72	0.00	49.0000
GRUPO 6 Solicitudes atendidas a tiempo	11.8125	8.84	0.00	47.0000
Grupo 6 Solicitudes retrasadas	23.8750	11.12	0.00	67.0000
GRUPO 7 Solicitudes atendidas a tiempo	12.8125	10.91	0.00	59.0000
Grupo 7 Solicitudes retrasadas	21.5000	8.85	0.00	51.0000
GRUPO 8 Solicitudes atendidas a tiempo	7.5000	7.36	0.00	43.0000
Grupo 8 Solicitudes retrasadas	25.1250	10.33	0.00	57.0000
GRUPO 9 Solicitudes atendidas a tiempo	7.7500	9.07	0.00	59.0000
Grupo 9 Solicitudes retrasadas	28.3125	8.47	0.00	53.0000
Solicitudes atendidas a tiempo	177.94	76.07	16.0000	477.00
Solicitudes retrasadas	235.75	59.56	24.0000	368.00
Total de Solicitudes	413.69	25.73	328.00	501.00
Transferencia Individual	88.6250	36.75	8.0000	233.00
Transferencia Masiva	89.3125	39.65	8.0000	244.00

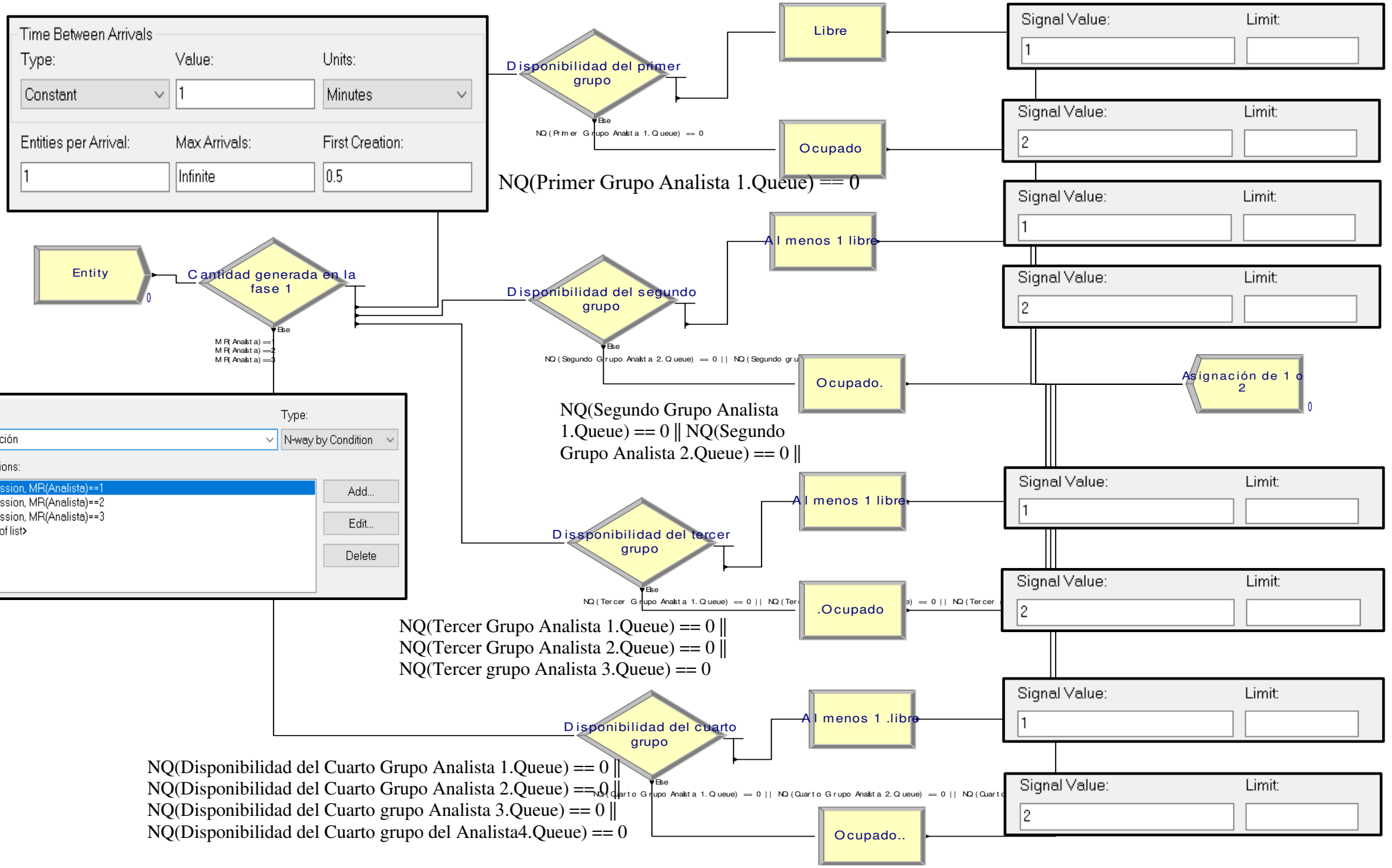
Primera Fase



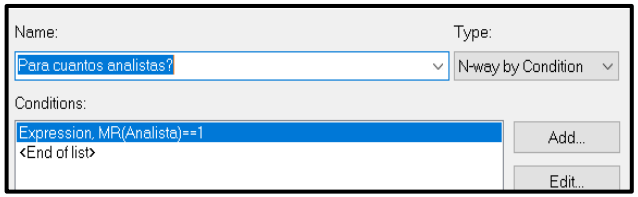
Segunda fase del modelo de simulación: a) Entrada de solicitudes

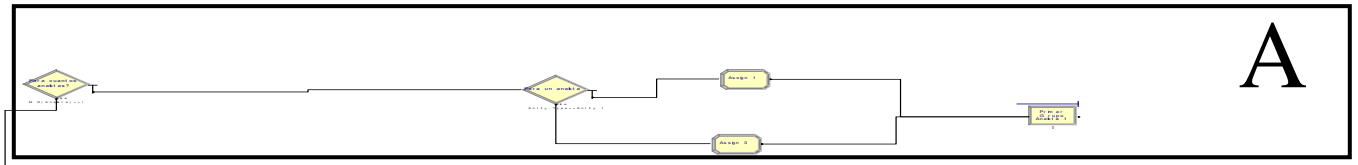


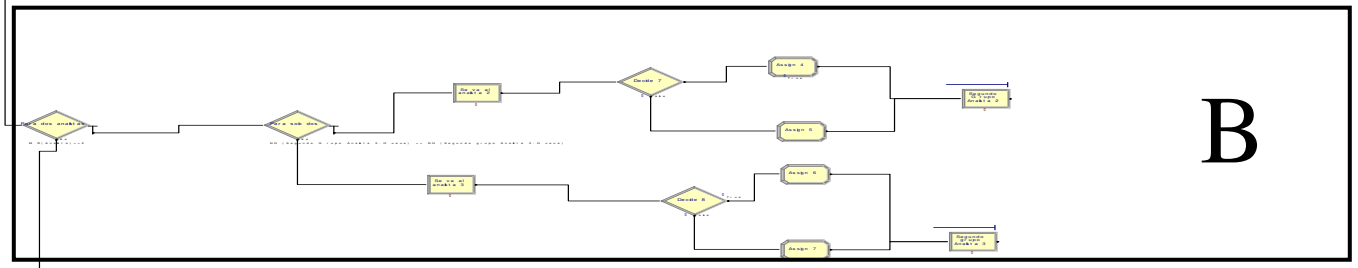
b) Salida de las entidades del módulo Hold llamado Espera 1

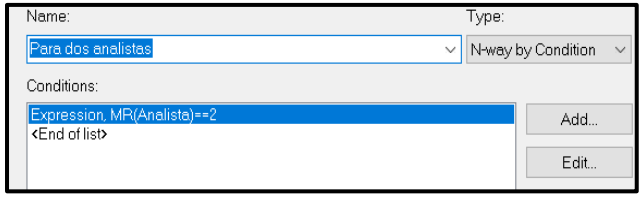


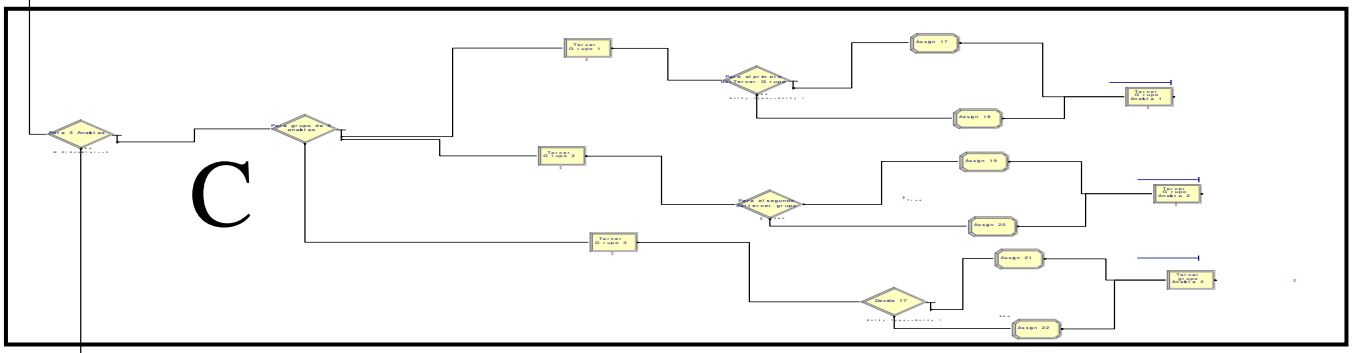
C) Tercera fase: Atención de las solicitudes

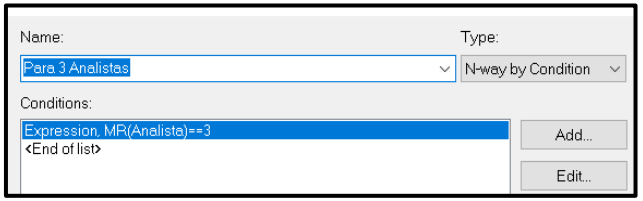




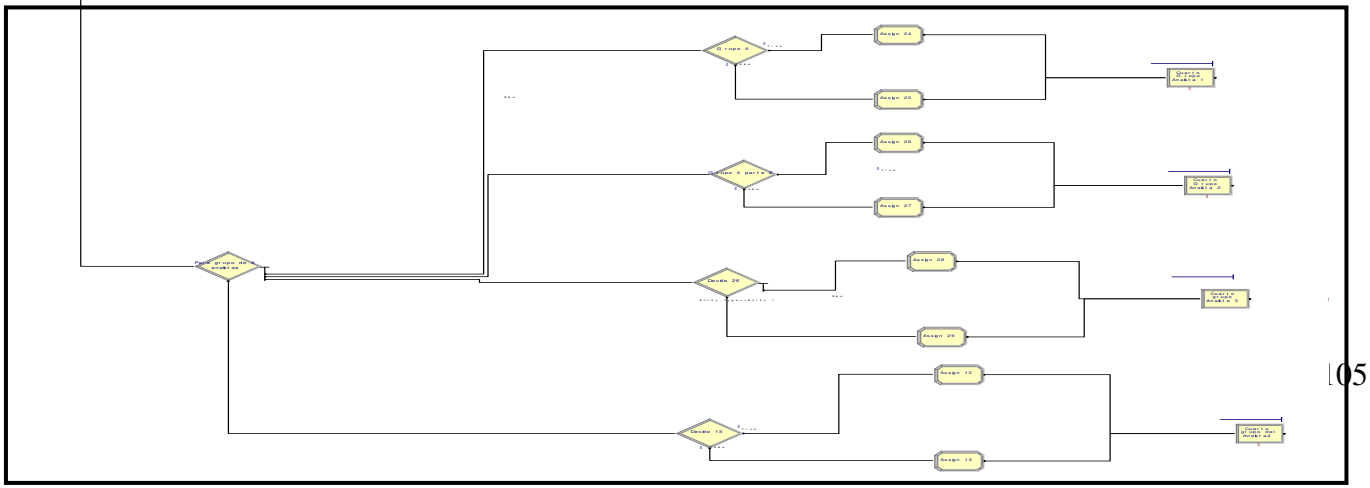




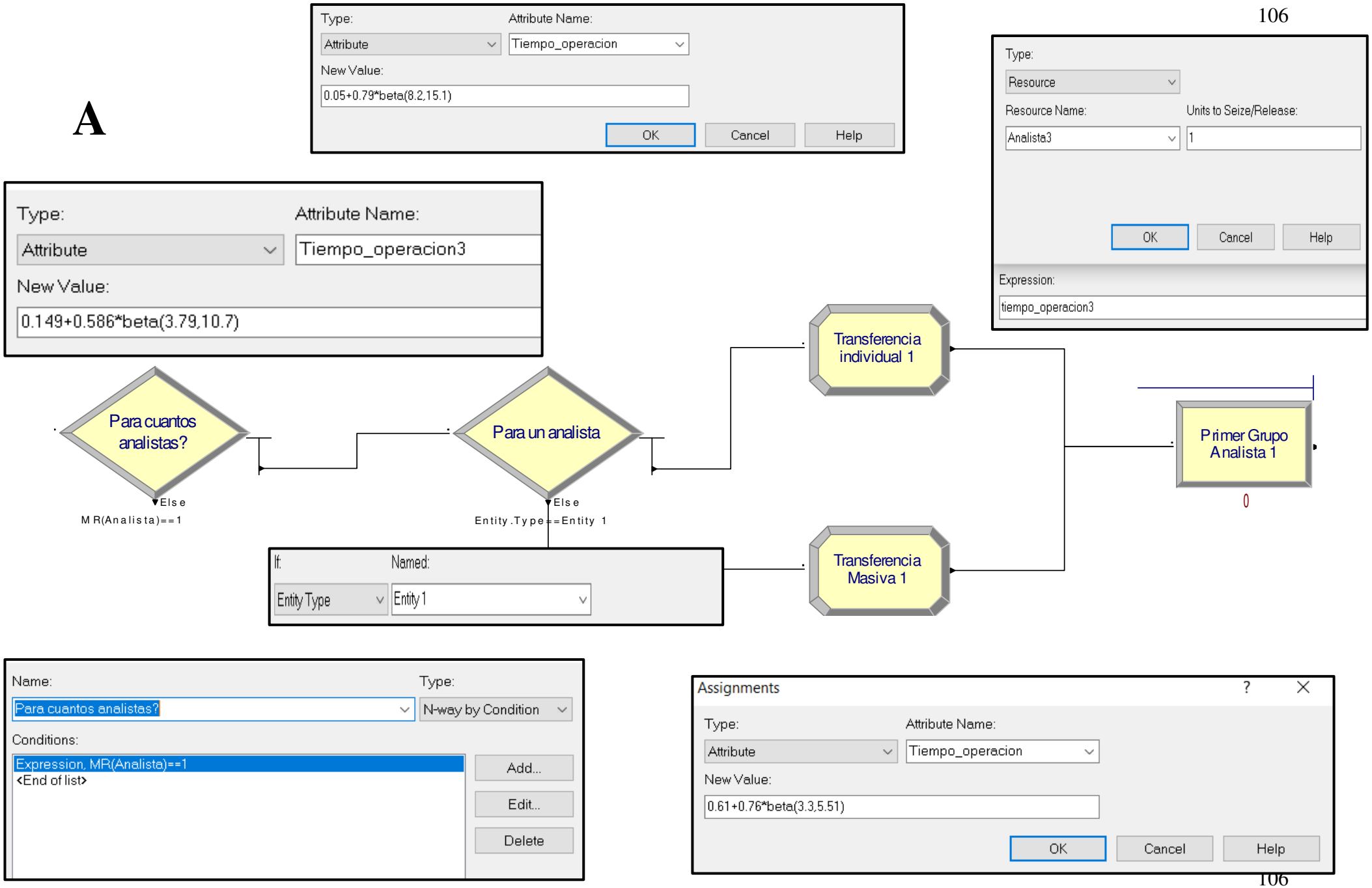




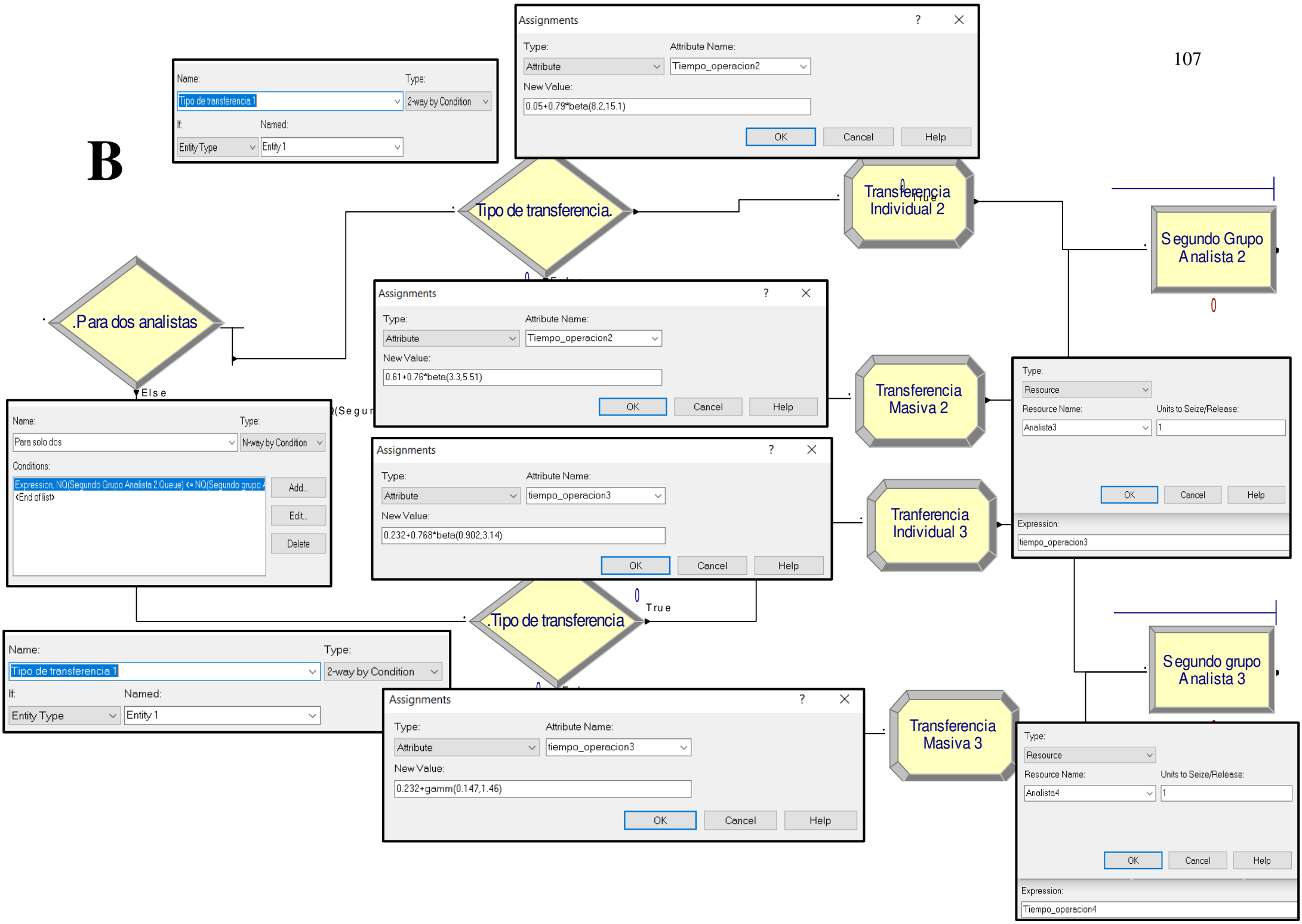
D



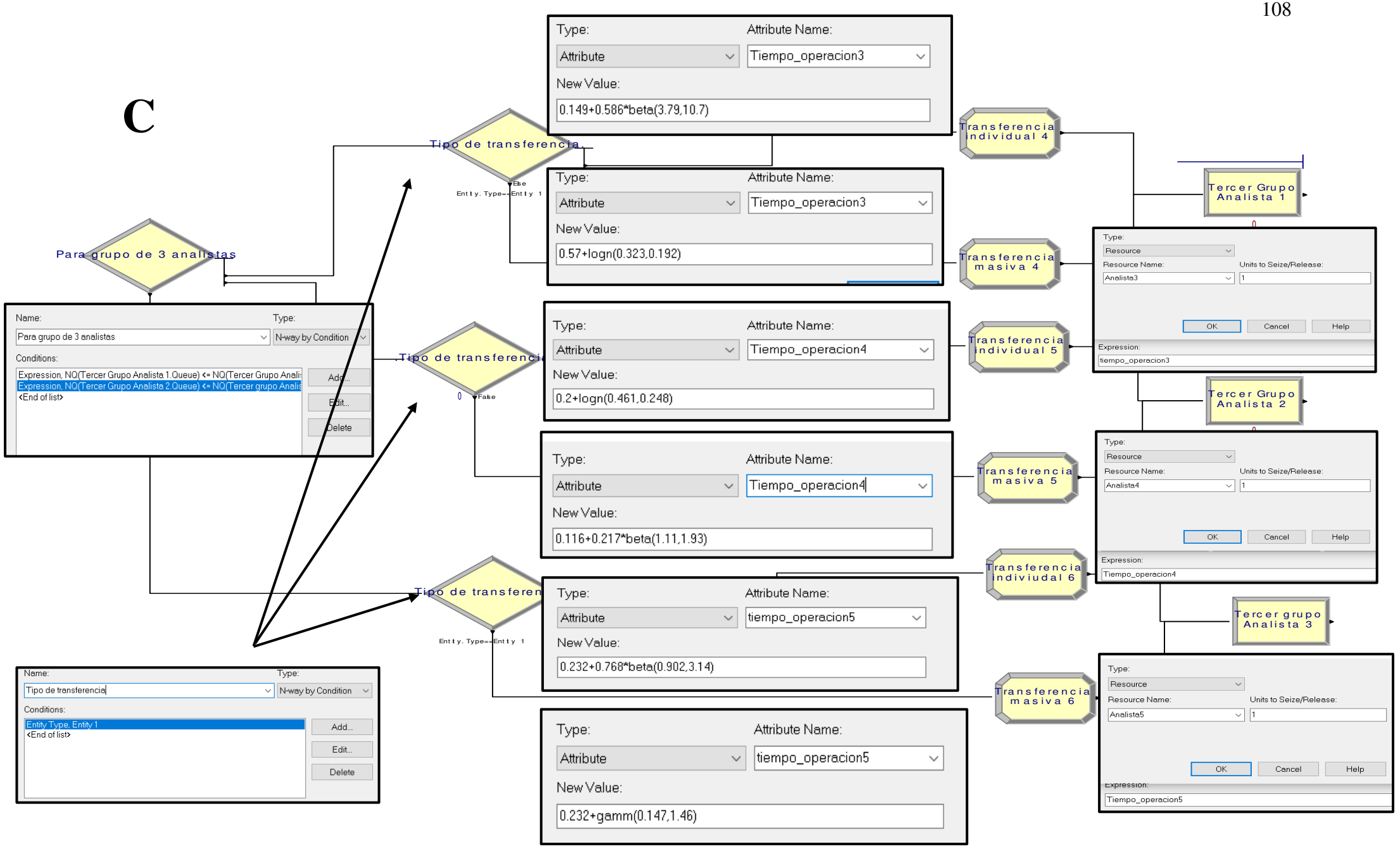
A


Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion
New Value:
0.05+0.79*beta(8.2,15.1)
OK
Cancel
Help
Type:
Resource
Resource Name:
Units to Seize/Release:
Analista3
1
OK
Cancel
Help
Expression:
tiempo_operacion3
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion3
New Value:
0.149+0.586*beta(3.79,10.7)
Transferencia individual 1
Para cuantos analistas?
Para un analista
Primer Grupo Analista 1
0
Else
MR(Analista)==1
Else
Entity.Type==Entity 1
If:
Named:
Entity Type
Entity 1
Transferencia Masiva 1
Name:
Type:
Para cuantos analistas?
N-way by Condition
Conditions:
Expression, MR(Analista)==1
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
Assignments
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion
New Value:
0.61+0.76*beta(3.3,5.51)
OK
Cancel
Help

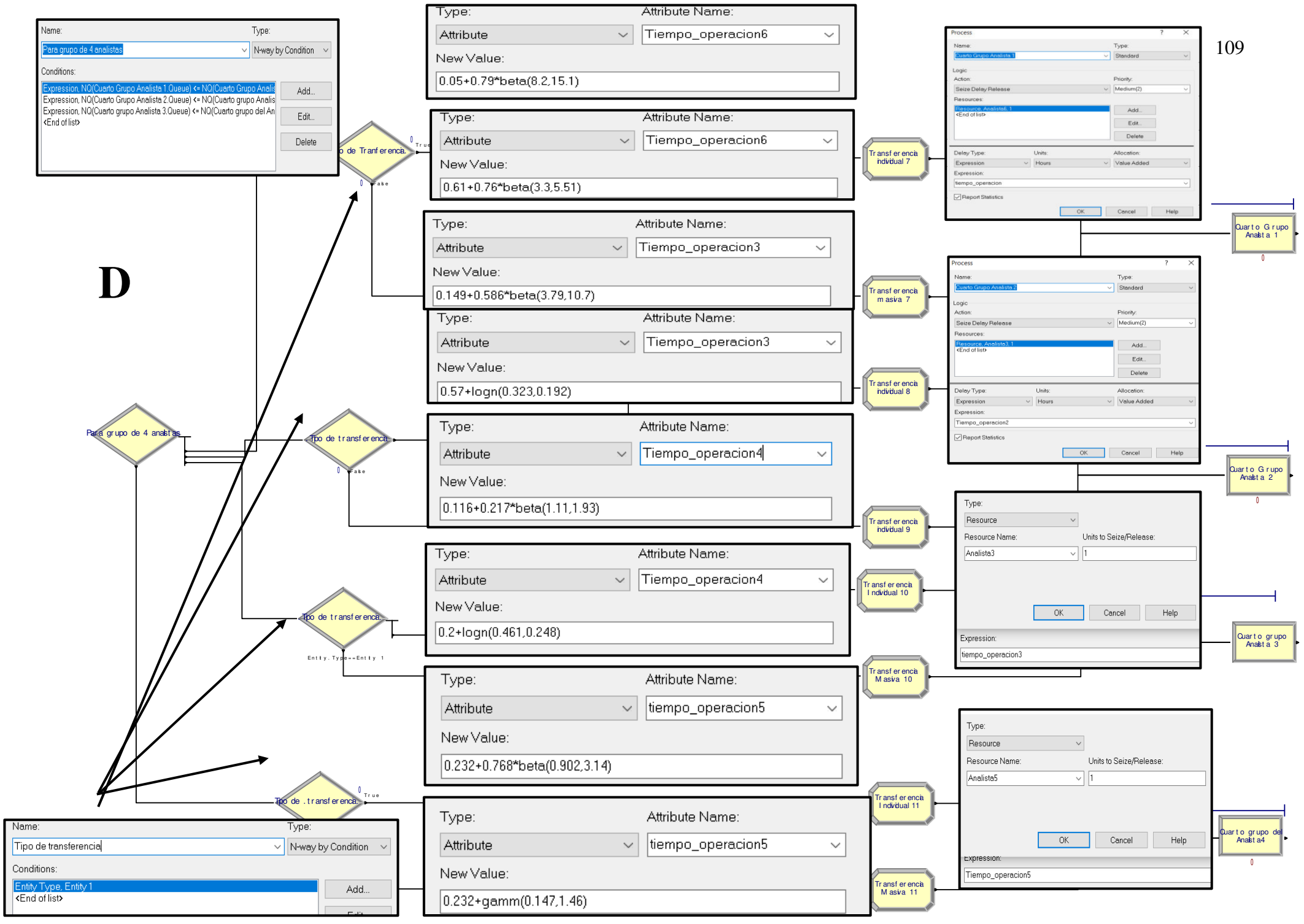
B


Name:
Tipo de transferencia 1
Type:
2-way by Condition
If:
Entity Type
Named:
Entity 1
Assignments
Type:
Attribute
Attribute Name:
Tiempo_operacion2
New Value:
0.05+0.79*beta(8.2,15.1)
OK
Cancel
Help
Tipo de transferencia.
True
Transferencia Individual 2
Segundo Grupo Analista 2
.Para dos analistas
Else
Assignments
Type:
Attribute
Attribute Name:
Tiempo_operacion2
New Value:
0.61+0.76*beta(3.3,5.51)
OK
Cancel
Help
Transferencia Masiva 2
Type:
Resource
Resource Name:
Units to Seize/Release:
Analista3
1
OK
Cancel
Help
Expression:
tiempo_operacion3
Name:
Para solo dos
Type:
N-way by Condition
Conditions:
Expression, NQ(Segundo Grupo Analista 2.Queue) <= NQ(Segundo grupo A
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
Assignments
Type:
Attribute
Attribute Name:
tiempo_operacion3
New Value:
0.232+0.768*beta(0.902,3.14)
OK
Cancel
Help
Tranferencia Individual 3
.Tipo de transferencia
True
Segundo grupo Analista 3
Name:
Tipo de transferencia 1
Type:
2-way by Condition
If:
Entity Type
Named:
Entity 1
Assignments
Type:
Attribute
Attribute Name:
tiempo_operacion3
New Value:
0.232+gamm(0.147,1.46)
OK
Cancel
Help
Transferencia Masiva 3
Type:
Resource
Resource Name:
Units to Seize/Release:
Analista4
1
OK
Cancel
Help
Expression:
Tiempo_operacion4

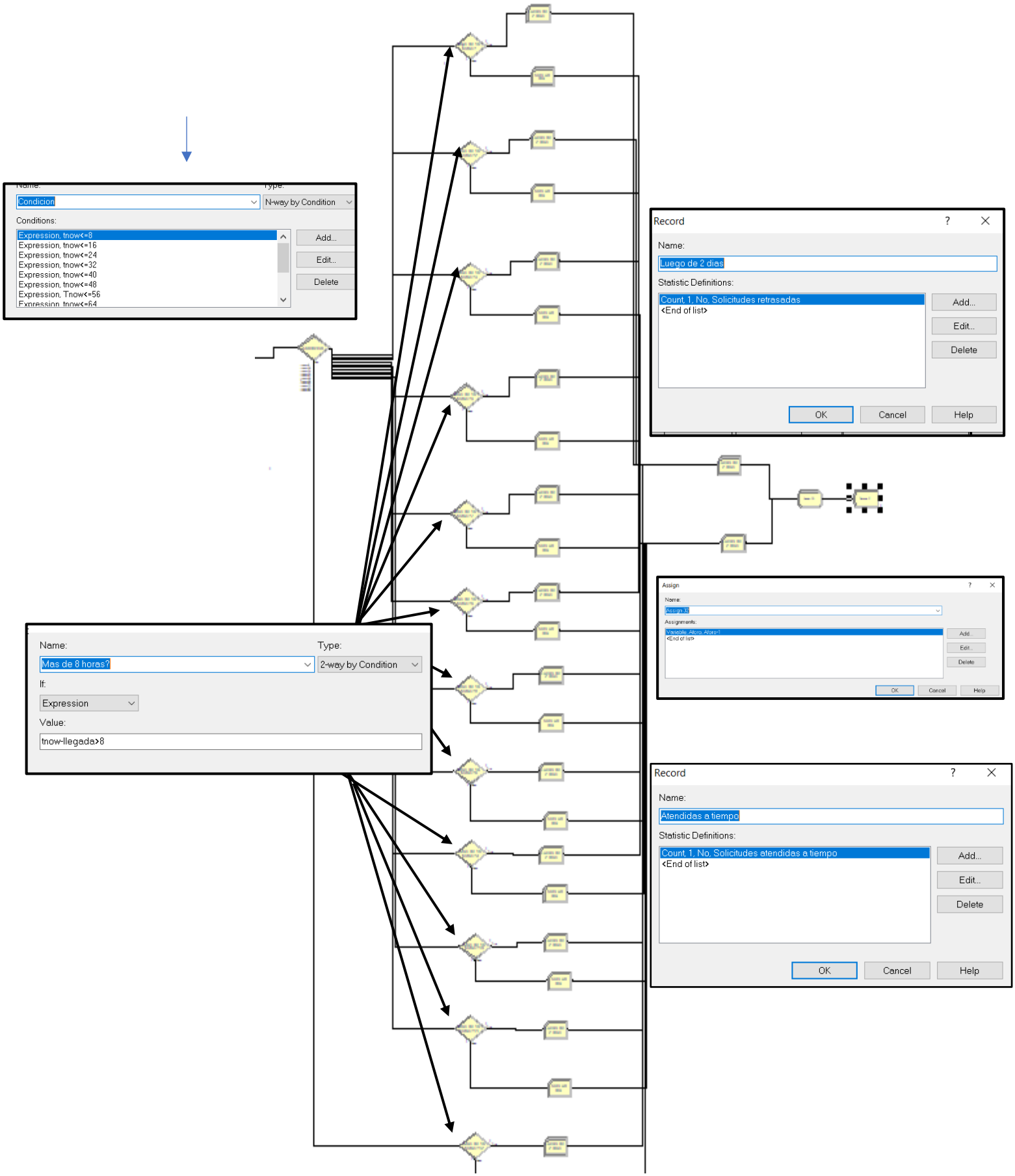
C

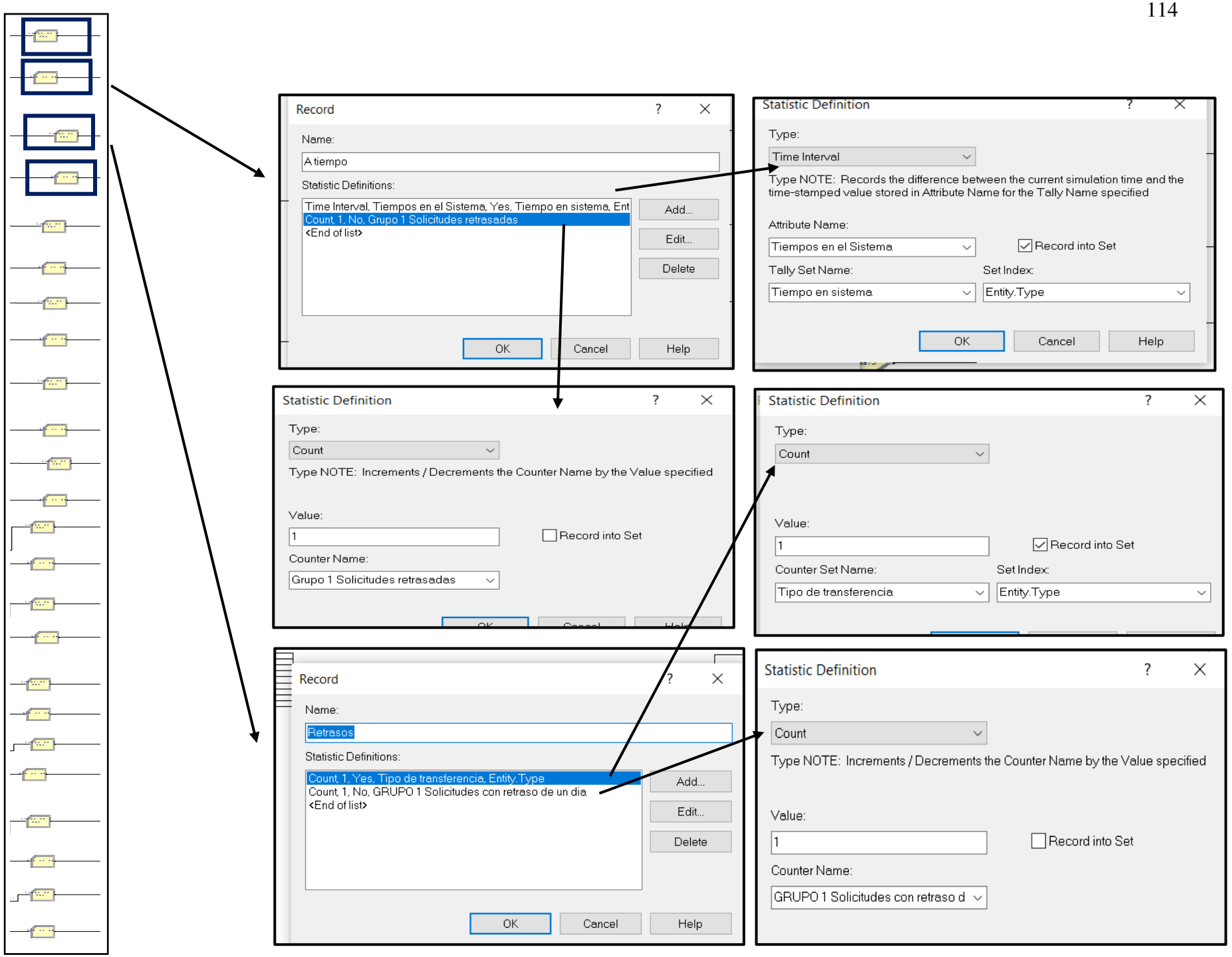

Para grupo de 3 analistas
Name:
Para grupo de 3 analistas
Type:
N-way by Condition
Conditions:
Expression, NQ(Tercer Grupo Analista 1.Queue) <= NQ(Tercer Grupo Anali
Expression, NQ(Tercer Grupo Analista 2.Queue) <= NQ(Tercer grupo Anali
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
Tipo de transferencia
Else
Entity. Type==Entity 1
Tipo de transferenci
0
False
Tipo de transferen
Entity. Type==Entity 1
Name:
Tipo de transferencia
Type:
N-way by Condition
Conditions:
Entity Type, Entity 1
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion3
New Value:
0.149+0.586*beta(3.79,10.7)
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion3
New Value:
0.57+logn(0.323,0.192)
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion4
New Value:
0.2+logn(0.461,0.248)
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion4
New Value:
0.116+0.217*beta(1.11,1.93)
Type:
Attribute Name:
Attribute
tiempo_operacion5
New Value:
0.232+0.768*beta(0.902,3.14)
Type:
Attribute Name:
Attribute
tiempo_operacion5
New Value:
0.232+gamm(0.147,1.46)
Transferencia individual 4
Transferencia masiva 4
Transferencia individual 5
Transferencia masiva 5
Transferencia individual 6
Transferencia masiva 6
Tercer Grupo Analista 1
Tercer Grupo Analista 2
Tercer grupo Analista 3
Type:
Resource
Resource Name:
Units to Seize/Release:
Analista3
1
OK
Cancel
Help
Expression:
tiempo_operacion3
Type:
Resource
Resource Name:
Units to Seize/Release:
Analista4
1
OK
Cancel
Help
Expression:
Tiempo_operacion4
Type:
Resource
Resource Name:
Units to Seize/Release:
Analista5
1
OK
Cancel
Help
Expression:
Tiempo_operacion5

D


Name:
Type:
Para grupo de 4 analistas
N-way by Condition
Conditions:
Expression, NQ(Cuarto Grupo Analista 1.Queue) <= NQ(Cuarto Grupo Analis
Expression, NQ(Cuarto Grupo Analista 2.Queue) <= NQ(Cuarto grupo Analis
Expression, NQ(Cuarto grupo Analista 3.Queue) <= NQ(Cuarto grupo del An
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
Tipo de Tranferencia
True
False
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion6
New Value:
0.05+0.79*beta(8.2,15.1)
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion6
New Value:
0.61+0.76*beta(3.3,5.51)
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion3
New Value:
0.149+0.586*beta(3.79,10.7)
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion3
New Value:
0.57+logn(0.323,0.192)
Para grupo de 4 analistas
Tipo de transferencia
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion4
New Value:
0.116+0.217*beta(1.11,1.93)
Tipo de transferencia
Entity.Type==Entity 1
Type:
Attribute Name:
Attribute
Tiempo_operacion4
New Value:
0.2+logn(0.461,0.248)
Tipo de .transferencia
Type:
Attribute Name:
Attribute
tiempo_operacion5
New Value:
0.232+0.768*beta(0.902,3.14)
Name:
Type:
Tipo de transferencia
N-way by Condition
Conditions:
Entity Type, Entity 1
<End of list>
Add...
Type:
Attribute Name:
Attribute
tiempo_operacion5
New Value:
0.232+gamm(0.147,1.46)
Transferencia Individual 7
Transferencia Masiva 7
Transferencia Individual 8
Transferencia Individual 9
Transferencia Individual 10
Transferencia Masiva 10
Transferencia Individual 11
Transferencia Masiva 11
Process
Name:
Cuarto Grupo Analista 1
Type:
Standard
Logic:
Action:
Seize Delay Release
Priority:
Medium(2)
Resources:
Resource, Analista6, 1
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
Delay Type:
Expression
Units:
Hours
Allocation:
Value Added
Expression:
tiempo_operacion
Report Statistics
OK
Cancel
Help
Cuarto Grupo Analista 1
Process
Name:
Cuarto Grupo Analista 2
Type:
Standard
Logic:
Action:
Seize Delay Release
Priority:
Medium(2)
Resources:
Resource, Analista3, 1
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
Delay Type:
Expression
Units:
Hours
Allocation:
Value Added
Expression:
Tiempo_operacion2
Report Statistics
OK
Cancel
Help
Cuarto Grupo Analista 2
Type:
Resource
Resource Name:
Units to Seize/Release:
Analista3
1
OK
Cancel
Help
Expression:
tiempo_operacion3
Cuarto grupo Analista 3
Type:
Resource
Resource Name:
Units to Seize/Release:
Analista5
1
OK
Cancel
Help
Expression:
Tiempo_operacion5
Cuarto grupo del Analista4

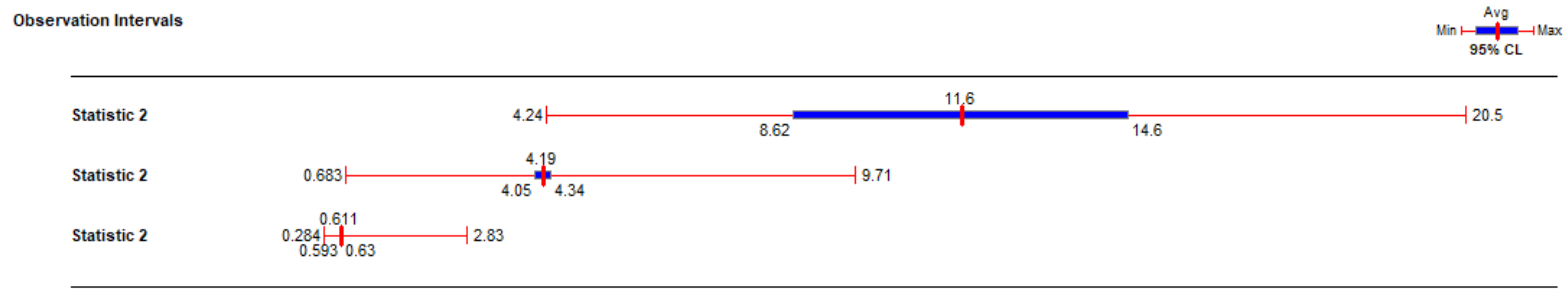
D)Cuarta fase del modelo de simulación: Proceso de registro




Record
Name:
A tiempo
Statistic Definitions:
Time Interval, Tiempos en el Sistema, Yes, Tiempo en sistema, Ent
Count, 1, No, Grupo 1 Solicitudes retrasadas
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
OK
Cancel
Help
Statistic Definition
Type:
Time Interval
Type NOTE: Records the difference between the current simulation time and the time-stamped value stored in Attribute Name for the Tally Name specified
Attribute Name:
Tiempos en el Sistema
Record into Set
Tally Set Name:
Tiempo en sistema
Set Index:
Entity.Type
OK
Cancel
Help
Statistic Definition
Type:
Count
Type NOTE: Increments / Decrements the Counter Name by the Value specified
Value:
1
Record into Set
Counter Name:
Grupo 1 Solicitudes retrasadas
Statistic Definition
Type:
Count
Value:
1
Record into Set
Counter Set Name:
Tipo de transferencia
Set Index:
Entity.Type
Record
Name:
Retrasos
Statistic Definitions:
Count, 1, Yes, Tipo de transferencia, Entity.Type
Count, 1, No, GRUPO 1 Solicitudes con retraso de un dia
<End of list>
Add...
Edit...
Delete
OK
Cancel
Help
Statistic Definition
Type:
Count
Type NOTE: Increments / Decrements the Counter Name by the Value specified
Value:
1
Record into Set
Counter Name:
GRUPO 1 Solicitudes con retraso d

Intervalos de confianza por cada escenario del tipo de transferencia masiva

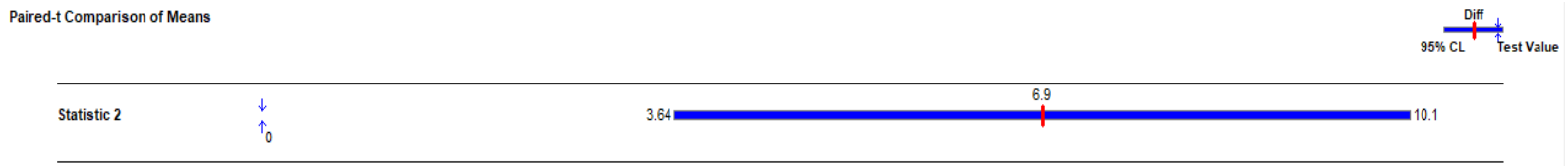
Figura 38. *Intervalos de confianza de los tres escenarios propuestos para el tipo masiva*



Classical C.I. Intervals Summary

IDENTIFIER	AVERAGE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS.	
Statistic 2	11.6	5.61	2.99	4.24	20.5	16	**ESC 1**
Statistic 2	4.19	1.81	0.149	0.683	9.71	571	**ESC 2**
Statistic 2	0.611	0.22	0.0181	0.284	2.83	571	**ESC 3**

Figura 39. *Comparación de medias del escenario 1 vs escenario 2 del tipo masiva*

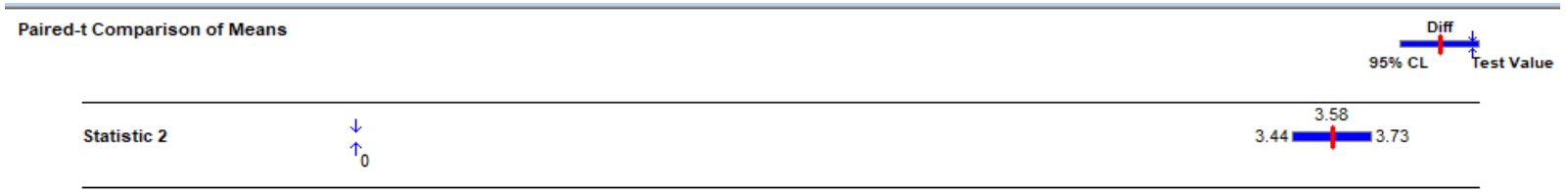


Paired-T Means Comparison :

IDENTIFIER	ESTD. MEAN DIFFERENCE	STANDARD DEVIATION	0.950 C.I. HALF-WIDTH	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NUMBER OF OBS
Statistic 2	6.9	6.1	3.25	4.24	20.5	16
				1.04	8.75	16

REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL AT 0.05 LEVEL

Figura 40. *Comparación de medias del escenario 2 vs escenario 3 del tipo masiva*




```
        Paired-T Means Comparison :

     IDENTIFIER         ESTD. MEAN   STANDARD  0.950 C.I.    MINIMUM    MAXIMUM  NUMBER
                        DIFFERENCE  DEVIATION  HALF-WIDTH      VALUE      VALUE  OF OBS
-------------------------------------------------------------------------------------
Statistic 2                   3.58       1.79       0.147      0.683       9.71     571
                                                             0.284       2.83     571
        REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL  AT  0.05 LEVEL
```

Figura 41. *Comparación de medias del escenario 1 vs escenario 3 del tipo masiva*




```
         Paired-T Means Comparison :

      IDENTIFIER          ESTD. MEAN   STANDARD  0.950 C.I.    MINIMUM    MAXIMUM  NUMBER
                          DIFFERENCE  DEVIATION  HALF-WIDTH      VALUE      VALUE  OF OBS
-------------------------------------------------------------------------------------------
Statistic 2                     10.9        5.7        3.04       4.24       20.5      16
                                                              0.393       2.07      16
         REJECT H0 => MEANS ARE NOT EQUAL  AT  0.05 LEVEL
```