

Modelo de simulación, para la Implementación basado en eventos discretos para identificar los recursos (humanos, dinero, espacios) de las remesas enviadas por los inmigrantes.

Juan Carlos Barrera Barrera
jbarrerab1@est.ups.edu.ec
Universidad Politécnica Salesiana

Katherine Michelle Barrera Barrera
kbarrerab1@est.ups.edu.ec
Universidad Politécnica Salesiana

Resumen

A continuación se presenta el proyecto final de la materia de simulación, en donde se logró cumplir con los objetivos previstos, desarrollando una regresión lineal para obtener datos históricos sobre el envío y recepción de remesas dentro de la ciudad de Cuenca-Ecuador, también se desarrollo un sistema de simulación, en donde se intenta acercarnos un poco mas al funcionamiento de estos tipos de tracciones, además de poner en practica los conocimientos adquiridos durante la materia, todo esto hace que el proyecto sea un completo conocimiento acerca de como es el flujo de entrada y salida de dinero dentro de nuestra ciudad.

Introducción

1. Remesas en el Ecuador

Son una transferencia internacional de dinero desde un país hacia otro.

- Remesas que ingresó al país, en el segundo trimestre de 2021 sumó USD 1,087.85 millones, superior en 60.58% al segundo trimestre de 2020 (USD 677.45 millones).
- El aumento se da por recuperación económica de Estados Unidos impulsada por:
- Postura monetaria ampliamente flexible
- Reapertura económica
- Avance de la campaña de vacunación contra el Covid-19

2. Simulación de Procesos Industriales

- Basada en la técnica de simulación de eventos discretos
- Es una técnica informática que permite crear modelos dinámicos de una fábrica o de un sistema logístico
- Sirven para analizar el comportamiento de ese modelo en diferentes situaciones
- Analizar las posibles modificaciones y sus consecuencias, a fin de comprobar hipótesis antes de implementarlas en la realidad

3. Eventos Discretos mediante FlexSim

- Caracteriza porque las variables de interés del sistema cambian únicamente en una secuencia de instantes de tiempo, y podemos suponer que permanecen constantes el resto el tiempo.
- La continuidad de instantes en los cuales el estado del sistema puede presentar un cambio, es un patrón aleatorio.
- Este comportamiento se experimenta mediante un modelo de simulación.
- Herramienta de gran utilidad para desarrollar un estudio minucioso, tanto de los tiempos y capacidad de producción.

Formulación del Problema

Mediante el simulador desarrollado se llega a analizar el comportamiento de las remesas enviadas por los inmigrantes a través de eventos discretos con la finalidad de identificar los recursos humanos, dinero y espacios. Todos estos recursos estarán presentados mediante gráficas, tablas o información, algunos ejemplos sobre cómo es la presentación de esta información puede estar percibido en:

- Valores enviados y recibidos por día, mes
- Lugares de origen y destino
- Valor de remesas recibidos y enviados para los próximos 5 meses.
- Entre otros.

Para llegar a dar solución a un modelo de simulación eficiente se declaran las siguientes etapas principales.

- **Primera Etapa: Definición del Sistema**
- **Segunda Etapa: Formulación del modelo.**
- **Tercera Etapa: Colección de datos**
- **Cuarta Etapa: Implementación del Modelo en Ordenador.**
- **Quinta Etapa: Verificación**
- **Sexta Etapa: Diseño de experimentos**

Las siguientes etapas se realiza en la segunda fase del modelo en donde ya se llevó a cabo el desarrollo del modelo.

- **Séptima Etapa: Experimentación**
- **Octava Etapa: Interpretación**
- **Novena Etapa: Implementación**
- **Décima Etapa: Documentación**

El proyecto tiene dos partes en las que se secciona el tiempo para cada una de ellas, el tiempo se divide en dos trimestres, el primero se analizara todo lo que corresponde a la elaboración del modelo de simulación como también a los manuales de uso y tutorías que se pueden hacer mediante videos sobre como es el uso de la aplicación; y el segundo trimestre ya trata toda la implementación, experimentación, interpretación y

documentación de la herramienta de simulación.

Para la construcción del proyecto, se tiene variables que rigen al sistema, se analizaran cada una de estas variables.

Variables para el sistema

- Provincia o ciudad para el análisis y caso de estudio de las remesas
- Datos Históricos
- Generación de modelo para regresión lineal
- Generación de modelo para eventos discretos
- Valor de la remesa en porcentaje de manera aleatoria
- Tipo de remesa
- Rango de tiempo de envío
- Media tiempo de envío
- Desviación estándar de envío
- Notificación de recepción de dinero a través de mensaje o llamada
- Estado de recepción de mensaje
- Entrega del dinero que ha sido enviado

Variables para experimentación

- Variables para predicción
- Manipulación de variables para identificar variables de mayor interés
- Envío y recepción de remesas
- Número de personas
- Tiempo de envío de remesa
- Tiempo de receptor en asistir a la entidad financiera

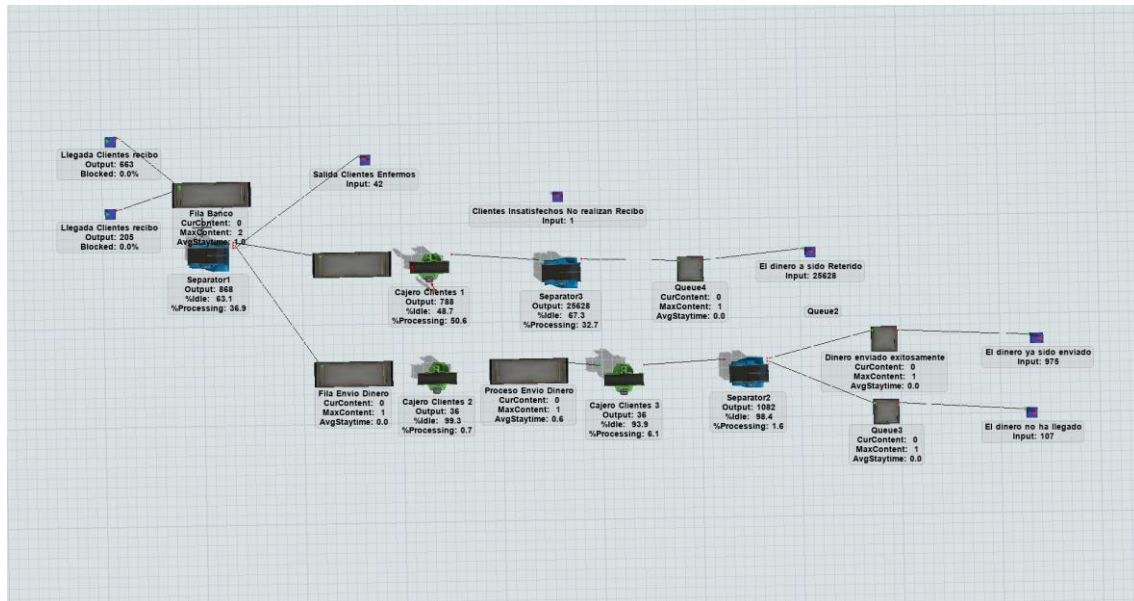
Variables de Usuario

- Envío de dinero
- Recepción de dinero

Con todos estos puntos que rigen a nuestro modelo, se puede llegar a generar estadística y graficas para cada una de las funcionalidades que posee el sistema de simulación permitiendo generar ayuda en la toma de decisiones para la provincia que se está estudiando.

Arquitectura del sistema de simulación

A continuación, se presenta la Arquitectura del sistema de simulación propuesto.



Modelo Propuesto

1. Definición del sistema

El objetivo principal es llegar a generar un sistema de simulación para eventos discretos para la identificación de los recursos humanos, dinero y espacios de las remesas enviadas por los inmigrantes.

Para lograr este objetivo, primero hablaremos sobre los requerimientos de hardware que se utilizan para la realización de este proyecto. Todo el desarrollo se lo hizo en una computadora personal con las siguientes especificaciones:

- Procesador: Intel(R) Core (TM) i7-8550U CPU @ 1.80GHz 2.00 GHz
- RAM instalada: 8,00 GB
- Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador x64
- Tarjeta Gráfica: Tarjeta gráfica integrada Intel

- Almacenamiento: 256 GB SATA SSD
- Sistema Operativo: Windows 10 Home

Por segundo tenemos los requerimientos de Software que son utilizados en el proyecto.

Para la construcción del modelo de simulación discreta del envío y recepción de remesas se usó la aplicación de software comercial FlexSim. Este software es utilizado para desarrollar modelos de simulación, como una alternativa innovadora de efectividad en la toma de decisiones de las operaciones de un sistema de producción (Referencia). FlexSim permite modelar y entender con precisión los problemas básicos de un sistema sin la necesidad de programaciones complicadas, esto debido a que ofrece una forma sencilla al desarrollar el modelo de simulación (Referencia).

Para la generación de un sistema de regresión lineal y la identificación de variables de

interés se utiliza el lenguaje de programación Python, y el entorno de librerías de anaconda para la ejecución y aprendizaje del modelo de regresión. Todos los datos que se obtienen son tomados de los datos públicos del Banco central del Ecuador.

2. Formulación del modelo

El desarrollo del programa de simulación tiene la opción de trabajar con varias variables lo que permite generar gráficos con una información explícita, buscando satisfacer con mayor alcance las búsquedas de nuestro simulador.

Se llega a definir los parámetros, variables que están rigiendo nuestro modelo, todas estas variables serán de interés en la implementación; ya que con dichas variables se procederá a realizar las gráficas, tablas o información obtenidas por el modelo.

El simulador deberá contar con varias graficas en donde se puedan evidenciar:

- Valores enviados y recibidos por día, mes
- Lugares de origen y destino
- Valor de remesas recibidos y enviados para los próximos 5 meses.
- Entre otros.

Para lograr este objetivo se tienen los siguientes **requerimientos funcionales** para el sistema de simulación:

- El usuario deberá poder seleccionar con las variables con las que desea trabajar
- Investigar y seleccionar una provincia o ciudad para el análisis y el caso de estudio de las remesas, para este requerimiento se va a trabajar con la provincia del Azuay y como ciudad principal Cuenca.

- Generar un sistema de regresión línea que permita identificar y modelar el comportamiento basado en datos históricos y de predicción
- Identificar las variables de interés con el objetivo de identificar el valor de remesas para los próximos meses, para este requisito se utilizan conceptos vistos en clases como pueden ser covarianza, correlación, autocorrelación, entre otros.
- Generar un modelo de simulación discreta del envío y recepción de remesas

Especificación de para el cumplimiento de este Requerimiento funcional que debe cumplir el modelo de simulación:

- Del total de personas, cada día el 5% de ellas realiza un envío de dinero.
- El 5% de personas no realiza ningún envío debido a problemas de salud entre otros.
- El grupo de personas diarias realizan la fila para el depósito o envío de un valor aleatorio, este valor corresponde a un porcentaje de valor de las remesas de la provincia o ciudad.
- El proceso de envío tarda entre 24 horas a 72 horas siguiendo una probabilidad normal con media de 40 horas y desviación estándar de 5 horas.
- Una vez que llega el dinero se le notifica al receptor a través de una llamada o mensaje de texto, solo el 90% de personas recibe el mensaje, el resto no es receptado y se devolverá a la persona que envía.
- El receptor se traslada a la entidad financiera en un tiempo de 12 a 48 horas.
- Realiza la fila para obtener el dinero y sale del establecimiento.

Para los **requerimientos no funcionales** se tiene los siguientes:

- El sistema deberá generar las distintas graficas en donde se analicen de manera correcta lo que el usuario esta deseadado
- El sistema deberá contar con una interfaz gráfica decente
- El sistema debe de ser lo más sencillo y entendible posible

- No debe existir saturación de información, ni de colores
- El tiempo de respuesta en los gráficos e información deberá ser de máximo 15 segundos
- El código deberá de ser lo más mantenible posible
- Deberá ser integrable con Windows
- Tiempo se desarrolló de un mes y medio

3. Colección de datos

Es la parte más importante, ya que esta nos permite obtener información y datos históricos sobre nuestro objetivo, esta data debe ser correcta ya que las etapas posteriores estarán sujetas a estos datos. Toda esta información nos sirve de conjunto de estudio, ya que esta información debe estar sujeta a la objetividad.

Para obtener la información de registros históricos, lo obtenemos del Banco Central del Ecuador, el cual nos brinda un Excel con la información básica para desarrollar nuestro programa. Los datos históricos se nos son proporcionado a través de años o por trimestres, estos van desde el 2015 hasta 2021, y las remesas están definidas en dólares.

4. Implementación del modelo en el ordenador

El modelo de simulación tiene como lenguaje principal de programación a Python, para el modelo de regresión lineal y para el análisis de las variables de interés. Por otro lado, para el modelo de eventos discretos se hace uso del software FlexSim, en este software se montará cada uno de los requisitos planteados para la simulación de envío y recepción de remesas.

5. Verificación

Esta etapa se analiza el correcto funcionamiento del modelo, que no exista bugs, code smells, fallas del sistema, cosas inusuales que nos arroje la simulación,

verificación del comportamiento con diferentes valores, entre otros.

Diseño de experimentos

6. Diseño de experimentos

Para nuestra simulación tendremos las siguientes variables con las cuales podemos trabajar y ver como nuestro modelo se comporta.

- Variables para predicción: Estas nos permiten modificar si se quiere trabajar en años o por trimestres y según esto se puede observar cómo fluctúa el dinero entre estos años o trimestres.
- Manipulación de variables para identificar variables de mayor interés: Se puede ver cómo están las distintas variables con respecto a otras estos a través de graficas de dispersión.
- Envío y recepción de remesas: Para este punto se pueden jugar con el porcentaje de personas que realicen un depósito y con las que no.
- Modificación de los valores aleatorios para el envío de dinero.
- Número de personas
- Tiempo de envío de remesa
- Tiempo de receptor en asistir a la entidad financiera

Las siguientes fases se muestra el resultado de la simulación y evaluación de las remesas dentro del Ecuador, para esto se hace uso de la información del banco central del ecuador con referencia en la provincia del Azuay y como ciudad principal Cuenca.

7. Experimentación

Como primer punto tenemos el estudio de las remesas dentro de Cuenca – Ecuador. Dentro del Banco central del Ecuador tenemos información de las remesas enviadas y recibidas.

Segundo se analiza la información de las remesas enviadas hacia el cantón Cuenca, tabla con flujo de dinero desde el año 2007 hasta 2021.

Con esta información ya se puede analizar el requerimiento de generar un sistema de regresión línea, también se identifica el valor de remesas para los próximos años, para este requisito se utilizan conceptos vistos en clases como pueden ser covarianza, correlación, autocorrelación, entre otros.

Hay que recalcar que no se trabajó por año sino con trimestres por cada año esto con el fin

Primero se analiza la información de las remesas enviadas por provincia Azuay. Podemos ver en la siguiente tabla como a sido el flujo de dinero desde el año 2007 hasta 2021.

de tener más datos y que nuestra regresión sea lo más precisa posible.

Como se puede observar en las imágenes el recibo de remesas es casi tres veces el envío, sin embargo, durante los años 2019-2021 a existido un incremento exponencial en cada tipo de remesa.

Para el desarrollo un sistema de regresión lineal basado en registros históricos se utilizó Python, teniendo el siguiente resultado.

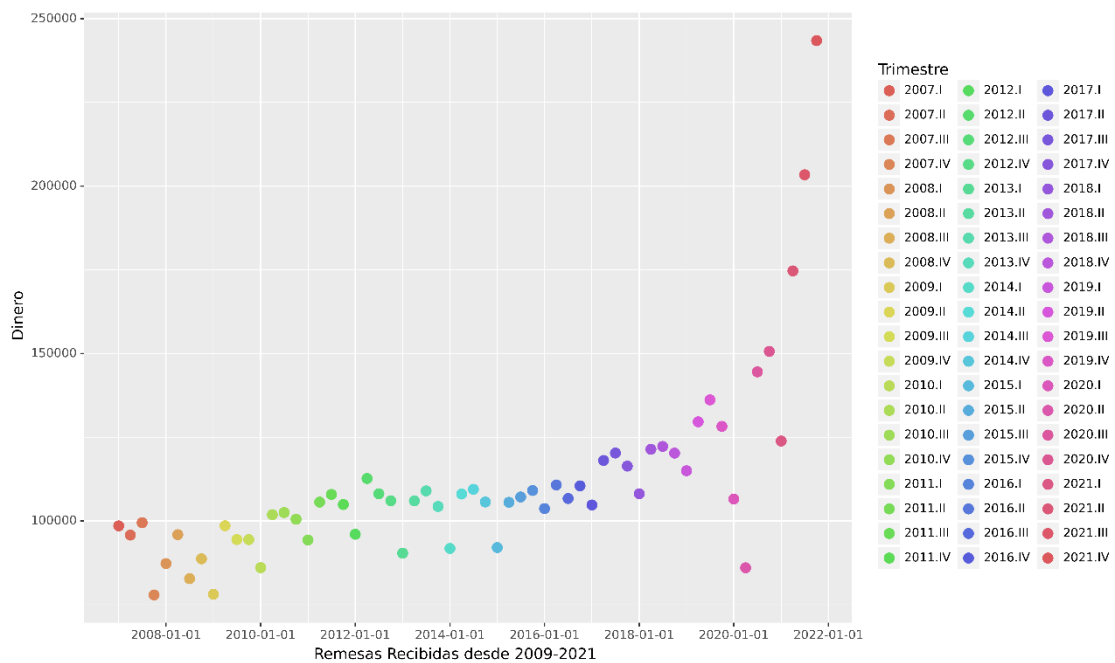
PROVINCIA	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
AZUAY	597.258,4	491.215,1	461.869,4	490.561,0	518.683,3	530.435,2	517.160,0

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
539.816,9	553.282,5	573.605,3	621.866,9	642.033,1	692.851,9	668.433,5	976.595,6

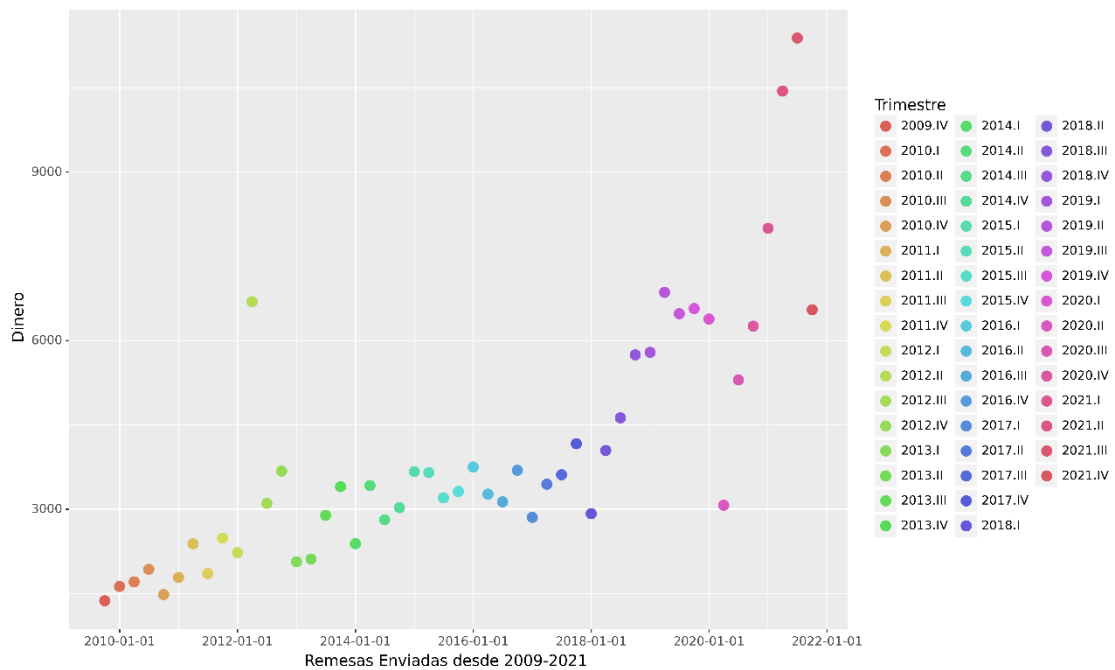
CANTÓN	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
CUENCA	371.696,0	354.655,5	365.560,8	390.959,3	412.766,6	422.855,2	409.679,2

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
414.956,6	413.871,9	431.641,7	459.504,2	472.047,6	509.007,9	487.721,8	745.371,7

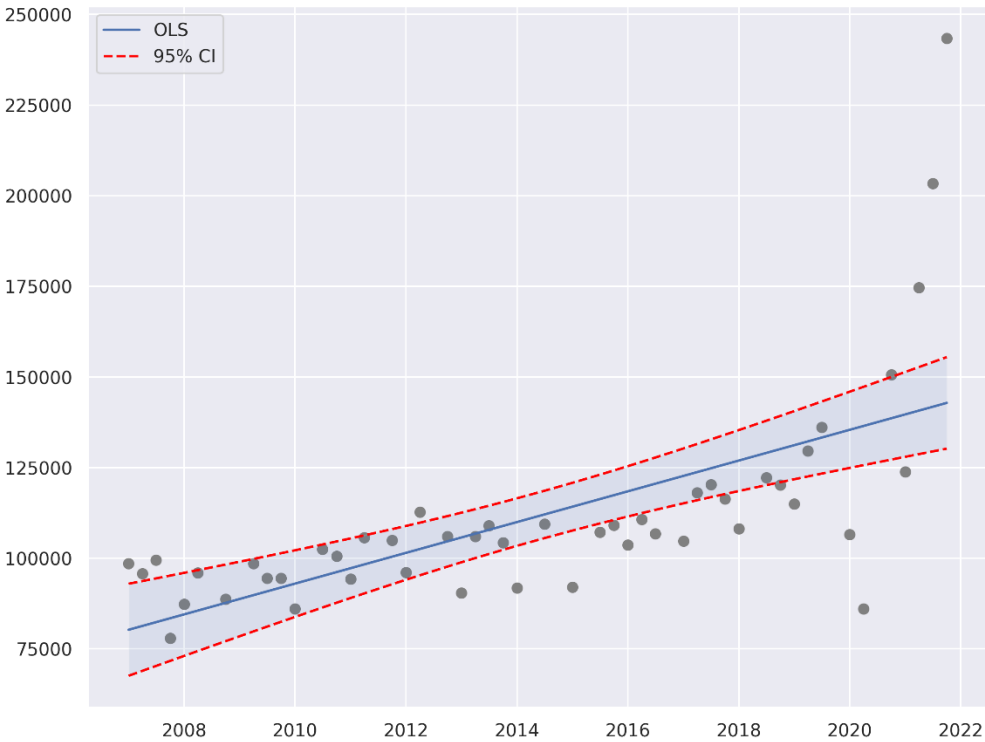
A continuación, se muestra el gráfico de dispersión para el recibo de remesas para la ciudad de Cuenca.



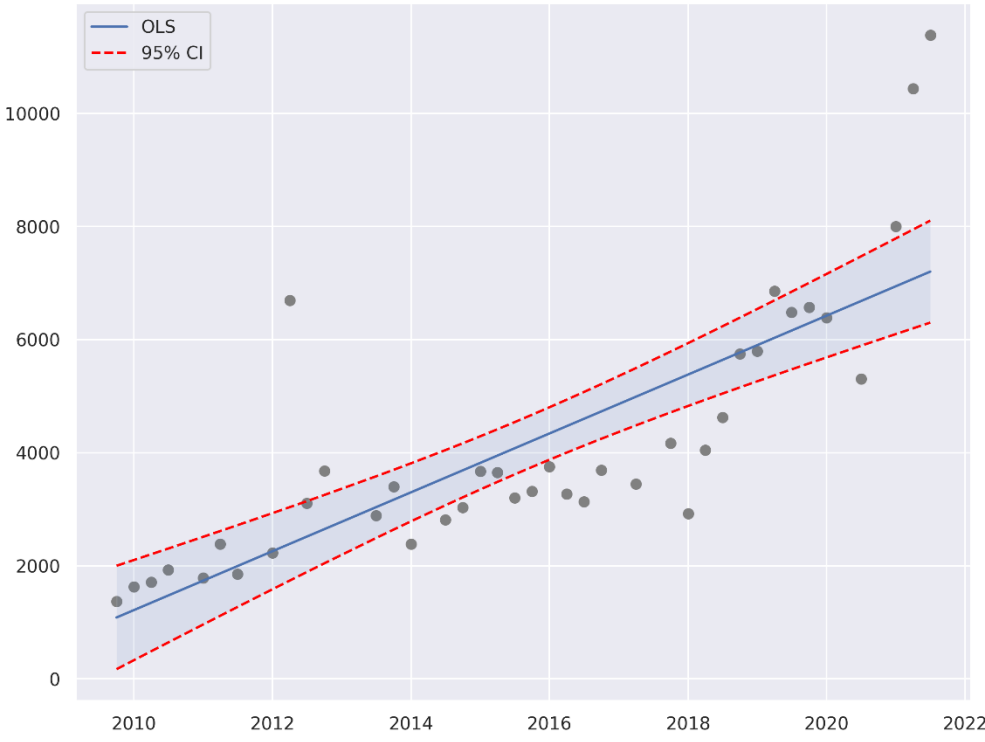
A continuación, se muestra el gráfico de dispersión para el envío de remesas para el cantón Cuenca.



Regresión Lineal para recibo de remesas para la ciudad de Cuenca.



Regresión Lineal para envío de remesas para la ciudad de Cuenca.



Proceso de Simulación

- El dinero que se mueve dentro de la ciudad de cuenca en el año 2021 esta entre envió y recibo es de 781747.45, en donde 36375.79 para envió y 745371.66 para recibo. Con estos datos hemos destinado trabajar con 100 personas, en donde el 90% de personas realizan recibos de dinero, 5% se encuentra enferma y el 5% realiza envíos.
- La cantidad total de dinero para recibo del 2021 es 745371.66, se divide para cada día del año, en donde lo mínimo que ingresa el banco es de 2042.11 por día, este dinero debe estar repartido en 90 personas que realizan el recibo, así mismo lo mínimo que reciben los clientes por día es de 22.69. Para el envió tenemos que mínimo se envía por cada día del año es de 99.65, estos repartidos para 5 personas, cada uno mínimo envía 19.93. Este valor debe de ser aleatorio, sin embargo, se establecen unos rangos mínimos.
- El proceso de envió y recibo tardan entre 24 horas a 72 horas siguiendo una probabilidad normal con media de 40 horas y desviación estándar de 5 horas.
- Una vez que llega el dinero se le notifica al receptor a través de una llamada o

mensaje de texto, solo el 90% (81 personas) recibe el mensaje, el resto no es receptado y se devolverá a la persona que envía.

- El receptor se traslada a la entidad financiera en un tiempo de 12 a 48 horas.
- Realiza la fila para obtener el dinero y sale del establecimiento.

8. Resultados y Discusión

Nuestro modelo de regresión lineal obtiene un error de 7615 para el recibo de remesas mientras que en el envió se obtiene 1435.96. Este problema se debe que en los dos últimos años (2020-2021), debido a la pandemia ha existido un cambio exponencial dentro de los datos, en donde se puede considerar que son outliers, pero esta hipótesis será demostrada con el pasar de los meses o años, hasta que se recupere la economía, sin embargo, destacar este pico en el flujo de dinero que ha ingresado al país como el que a salido.

Se va a tratar los resultados obtenidos al implementar la regresión lineal con datos históricos trimestrales proporcionados por el Banco central del Ecuador.

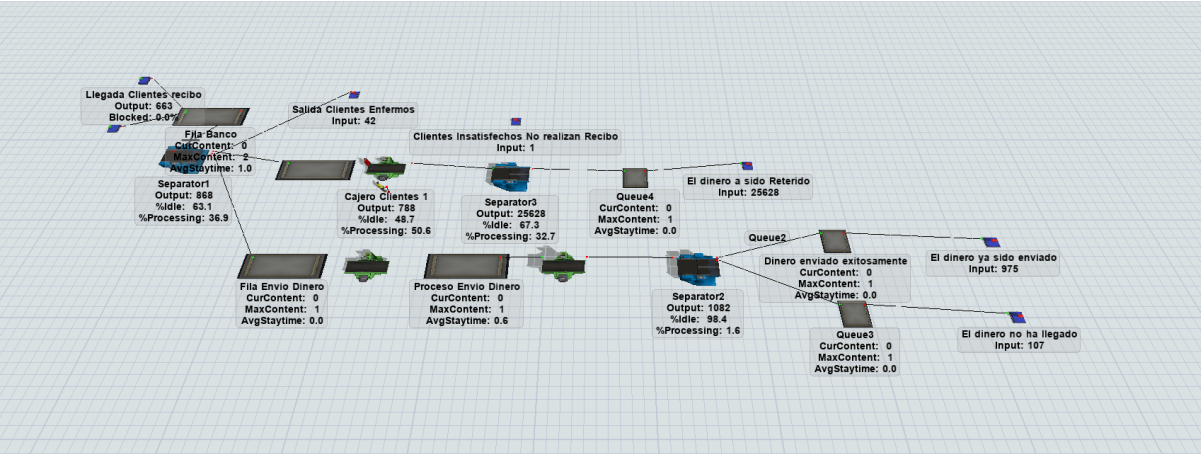
Predicción de Recibo de para el año 2022.

Remesas 2022	Recibo	Envío
01 de enero de 2022	143917	7464.51
01 de abril de 2022	144962.73	7592.78
01 de julio de 2022	146020.07	7722.47

Desarrollo de la aplicación en flexsim para el Modelo de simulación, para la Implementación basado en eventos discretos para identificar los recursos (humanos, dinero, espacios) de las remesas enviadas por los inmigrantes.

A continuación, se muestra el modelo desarrollado con sus respectivas graficas para conocer el comportamiento de nuestro sistema.

Desarrollo de Entorno:



Resultados de Graficas.



9. Interpretación

Debido a la pandemia por Covid-19 en los años 2020-2021 ha existido un alto incremento en el recibo de dinero triplicando a los años anteriores, pero en el envío también se ha tenido sorpresas duplicando a sus años anteriores. Este nuevo año puede variar bastante con estos debido a que se está volviendo a la normalidad económica, habrá que estar atentos con este cambio de flujo de remesas.

Con la simulación se logró obtener un acercamiento al funcionamiento de las remesas dentro de la provincia Azuay, en específico la ciudad de Cuenca -Ecuador

10. Implementación

- Código para regresión lineal disponible en GitHub al igual que el proyecto de FlexSim.
- <https://github.com/Juancarlos56/Repositorio-Simulacion-10>

11. Documentación

- Código correctamente documentado y sencillo de utilizar.

Conclusiones

Se logró generar un primer modelo para nuestro modelo de simulación, en donde se definieron las variables de nuestro sistema, experimentación y usuario, también se definieron los requerimientos básicos y mínimos que deben de tener el programa de

simulación; y por último se dio una breve estructura de cómo funciona el proyecto.

Debido a la pandemia por Covid-19 en los años 2020-2021 ha existido un alto incremento en el recibo de dinero triplicando a los años anteriores, pero en el envío también se ha tenido sorpresas duplicando a sus años anteriores. Este nuevo año puede variar bastante con estos debido a que se está volviendo a la normalidad económica, habrá que estar atentos con este cambio de flujo de remesas.

Con la simulación se logró obtener un acercamiento al funcionamiento de las remesas dentro de la provincia Azuay, en específico la ciudad de Cuenca -Ecuador.

Referencias

1. <https://www.bce.fin.ec/index.php/informacioneconomica/sector-externo>
2. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/BalanzaPagos/Remesas/eren2021II.pdf>
3. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/BalanzaPagos/Remesas/eres2021II.pdf>
4. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/BalanzaPagos/Remesas/indice.htm>
5. https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Administracion/bi_menuRemesas.html
6. <https://www.redalyc.org/journal/614/61458109002/html/>
7. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20587/1/Simulacion_de_un_proceso_industrial_mediante_FlexSim.pdf
8. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_discrete_event_simulation_software