

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### MODELO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA DE EFECTIVO PARA LAS OFICINAS DE UNA ENTIDAD BANCARIA EN UNA CIUDAD DEL INTERIOR DEL PAIS

Tesis para optar el Título de Ingeniería Industrial, que presenta el bachiller:

**Anggela del Rosario Zavala Jacinto**

**ASESOR: Ing. Wilmer Atoche**

Lima, Julio del 2013

## RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el análisis de la demanda de efectivo en las oficinas de provincia de una entidad bancaria tomando como base la metodología que se sigue actualmente a fin de identificar oportunidades de mejora que permitan tener resultados óptimos en los indicadores establecidos.

Este análisis está centrado en la evaluación de la exactitud y precisión que son necesarias en el cálculo de los pronósticos de demanda para cada tipo de oficina existente, de manera que se puedan aplicar los modelos y la metodología que permitan obtener información más cercana a la realidad.

En los primeros capítulos se definen los conceptos y etapas del proceso de extracción del conocimiento, para luego, por medio de estos, describir y explicar las redes neuronales, método elegido para la solución de la problemática expuesta. Asimismo, se detalla la situación actual del proceso que es objeto de análisis, identificando los factores que serían relevantes para la ejecución del modelo.

En los capítulos posteriores, se procedió con el análisis de los datos obtenidos, de modo que se puedan identificar las variables relevantes que se incluirían dentro del modelo. De igual forma, se describe la lógica y los parámetros a tomar en cuenta para el mismo, y que dan origen a las diferentes etapas de prueba y error para llegar a los resultados esperados. Para ello, se recopilaron los datos necesarios de los movimientos en las oficinas los cuales sirvieron como datos de entrada para las redes neuronales generadas. El *software* empleado fue NeuralTools 5.7, debido a los beneficios que éste proporciona, desde el manejo de datos en hojas de cálculo, las cuales utilizan la interfaz de MS Excel, hasta el uso de herramientas y aplicaciones dinámicas que permiten manipular los datos de forma más sencilla optimizando tiempos.

Finalmente, se procedió con la evaluación de los resultados obtenidos, haciendo la comparación de los valores predichos con los resultados reales, logrando alcanzar un porcentaje de exactitud de 93.18% para los pronósticos de una oficina mixta y de 91.98% para los de una oficina captadora, generando una expectativa de ahorro de S/. 25,000.00 anuales.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	v
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO</b> .....	2
<b>1.1 Pronóstico</b> .....	2
<b>1.2 Minería de Datos</b> .....	4
<b>1.2.1 Fases del proceso de extracción del conocimiento</b> .....	4
<b>1.2.2 Tareas de la minería de datos</b> .....	6
<b>1.3</b> .....	7
<b>    des Neuronales</b> .....	8
<b>1.3.1 La Neurona Artificial</b> .....	17
<b>1.3.2 Estructura de una red neuronal</b> .....	9
<b>1.3.3 Mecanismos de aprendizaje</b> .....	12
<b>1.3.4 Modelos de redes neuronales</b> .....	13
<b>1.3.5 Aplicación de una red neuronal</b> .....	15
<b>1.3.6 Ventajas de las redes neuronales</b> .....	16
<b>1.4 Software a emplear</b> .....	17

<b>CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>18</b>
2.1 Antecedentes.....	18
2.2 Método de planeamiento actual.....	27
2.3 Indicadores de desempeño.....	30
<b>CAPÍTULO 3. RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>33</b>
3.1 Recopilación de datos.....	33
3.2 Selección de datos.....	36
3.3 Análisis de Oficinas.....	40
<b>CAPITULO 4. DESARROLLO DEL MODELO Y RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
4.1 Variables.....	51
4.2 Proceso para el modelado.....	53
4.3 Modelo.....	55
4.3.1 Modelo para oficina mixta.....	55
4.3.2 Modelo para oficina captadora.....	60
4.4 Resultados de la predicción.....	65
4.4.1 Resultados para oficina mixta.....	65
4.4.2 Resultados para oficina pagadora.....	69

<b>CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>74</b>
<b>5.1 Conclusiones.....</b>	<b>74</b>
<b>5.2 Recomendaciones.....</b>	<b>76</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>78</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tipos de interacción en una red neuronal.....	10
Tabla 2.	Factores que definen una red neuronal.....	13
Tabla 3.	Número de transacciones monetarias por canal de atención.....	19
Tabla 4.	Distribución de las oficinas en las provincias del país.....	22
Tabla 5.	Nivel de eficiencia por oficina para el 2011.....	37
Tabla 6.	Porcentaje de participación en límite operativo del departamento.	38
Tabla 7.	Cumplimiento de límite operativo en el año 2011.....	39
Tabla 8.	Ponderación de resultados de indicadores para el 2011.....	41
Tabla 9.	Tipo de demanda cada mes a mes según sus movimientos.....	52
Tabla 10.	Error RMS para cada tipo de red durante la primera muestra para una oficina mixta.....	55
Tabla 11.	Error RMS para cada tipo de red durante la segunda muestra para una oficina mixta.....	56
Tabla 12.	Parámetros de la mejor red para una oficina mixta.....	58
Tabla 13.	Error RMS para cada tipo de red durante la primera muestra en una oficina captadora.....	60
Tabla 14.	Error RMS para cada tipo de red durante la segunda muestra en una oficina captadora.....	61
Tabla 15.	Parámetros de la mejor red para una oficina captadora.....	63
Tabla 16.	Comparación de valores reales y los resultados de predicción en una oficina mixta.....	68
Tabla 17.	Comparación de valores reales y los resultados de predicción en una oficina captadora.....	73

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>Gráfico 1.</b>	Minería de Datos como parte del Proceso de Extracción del Conocimiento.....	5
<b>Gráfico 2.</b>	Estructura de una neurona.....	8
<b>Gráfico 3.</b>	Esquema de una red de dos capas.....	9
<b>Gráfico 4.</b>	Transacciones monetarias por canal de atención: 2007 – 2012 Bancos y Financieras.....	20
<b>Gráfico 5.</b>	Concentración de las oficinas en las provincias del país.....	23
<b>Gráfico 6.</b>	Distribución de la cantidad de movimientos según tipo de servicio.....	24
<b>Gráfico 7.</b>	Flujo de efectivo entre las oficinas y bóvedas de una entidad bancaria.....	25
<b>Gráfico 8.</b>	Proporción del tipo de movimiento realizado en las oficinas provincias.....	26
<b>Gráfico 9.</b>	Distribución del tipo de movimiento realizado por localidad.....	26
<b>Gráfico 10.</b>	Proceso actual de planeamiento del abastecimiento de oficinas.	27
<b>Gráfico 11.</b>	Entradas y salidas de efectivo en una oficina.....	34
<b>Gráfico 12.</b>	Gastos anuales por oficina en la provincia de Arequipa.....	40
<b>Gráfico 13.</b>	Demanda promedio semanal de soles en la Oficina San Camilo durante 2011.....	42
<b>Gráfico 14.</b>	Diagrama de caja para los datos de una oficina captadora.....	43

<b>Gráfico 15.</b>	Demanda diaria en la Oficina San Camilo durante cada mes del 2011.....	45
<b>Gráfico 16.</b>	Demanda promedio semanal de soles en la Oficina Cayma durante 2011.....	47
<b>Gráfico 17.</b>	Diagrama de caja para los datos de una oficina mixta.....	47
<b>Gráfico 18.</b>	Demanda diaria en la Oficina Cayma durante cada mes del 2011.....	50
<b>Gráfico 19.</b>	Impacto relativo de las Variables en una oficina mixta.....	57
<b>Gráfico 20.</b>	Histograma de residuales durante el entrenamiento para una oficina mixta.....	58
<b>Gráfico 21.</b>	Dispersión entre valores de predicción y valores reales durante la fase de prueba para una oficina mixta.....	59
<b>Gráfico 22.</b>	Histograma de residuales durante el entrenamiento para una oficina mixta.....	59
<b>Gráfico 23.</b>	Impacto relativo de las Variables en una oficina captadora.....	62
<b>Gráfico 24.</b>	Histograma de residuales durante el entrenamiento para una oficina captadora.....	63
<b>Gráfico 25.</b>	Dispersión entre valores de predicción y valores reales durante la fase de prueba para una oficina captadora.....	64
<b>Gráfico 26.</b>	Histograma de residuales durante la prueba para una oficina captadora.....	65
<b>Gráfico 27.</b>	Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina mixta para enero 2012.....	66
<b>Gráfico 28.</b>	Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina mixta para febrero 2012.....	67
<b>Gráfico 29.</b>	Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina mixta para marzo 2012.....	67

<b>Gráfico 30.</b>	Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina captadora para enero 2012.....	70
<b>Gráfico 31.</b>	Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina captadora para febrero 2012.....	71
<b>Gráfico 32.</b>	Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina captadora para marzo 2012.....	72



## INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento económico suscitado en nuestro país durante los últimos años, las entidades bancarias se han visto obligadas a acelerar considerablemente su presencia en todas las ciudades del interior, descentralizando así sus operaciones.

Según el reporte de la evolución del número de oficinas en el sistema bancario de la ASBANC, a nivel nacional se ha tenido un crecimiento de 16.02% con respecto al año 2010, siendo la región Sur Oeste la que experimentó un incremento en mayor proporción (22.48%).

Dado este nuevo escenario, surge la necesidad en las distintas entidades de crear estrategias óptimas que les permitan continuar con su desarrollo, pero minimizando los gastos que ello implique.

Para el caso de una entidad bancaria específica, se ha optado por replicar en los principales departamentos el modelo instaurado en Lima, lo cual involucra el alquiler de espacios para la custodia de valores, la apertura de una oficina principal y de otras de menor alcance en distintas ciudades al interior.

No obstante, debido al comportamiento del sistema en las provincias, el cual tiene un flujo distinto de movimiento de efectivo con respecto a Lima, lo que ocurre, en la mayoría de los casos, es que capta mayor volumen de dinero; y esto aunado a las tarifas especiales de transporte de valores impuestas por la empresa que brinda este servicio, se requiere que las decisiones tomadas tengan un alto grado de exactitud, de manera que no se impacten los costos involucrados.

Por lo tanto, considerando esta situación, se presenta la propuesta de crear un modelo de pronóstico de demanda de efectivo para estas ciudades del interior, el cual se maneje de forma sencilla además de ofrecer la exactitud requerida, teniendo en cuenta la criticidad del proceso, la cantidad de oficinas gestionadas y el tiempo involucrado; de manera que las decisiones tomadas a partir de este sean las mejores tanto para la entidad como para los clientes de la misma.

## CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se tratan los conceptos teóricos en los que se basará el modelo aplicado, definiendo los conceptos y características principales que permitirán alinear el caso en estudio a la metodología planteada para su solución.

### 1.1 Pronóstico

Se conoce como pronóstico, de acuerdo a lo referido por Hanke (1996), a la estimación de valores futuros, ya sea de manera cuantitativa o cualitativa, a partir de información del pasado o de los sucesos dados en situaciones similares anteriormente. Esta definición recalca además su importancia durante la toma de decisiones, ya que debido a la incertidumbre que siempre existe alrededor de los negocios, es preciso que se logre minimizar considerablemente los errores mediante el uso de diversas técnicas.

La necesidad de usos de pronósticos ha ido adquiriendo gran relevancia a lo largo del tiempo, de manera que actualmente no sólo se busca realizar una predicción por medio de los conocimientos y experiencias de las personas que trabajan en el proceso, sino complementarlas con las diversas técnicas, modelos matemáticos y computacionales que se actualizan día a día.

Según Hanke (1996) para la elección de un adecuado método de pronóstico se deben tomar en cuenta dos consideraciones importantes:

- Reunir datos que sean aplicables para la tarea de pronóstico y que contengan información que pueda producir pronósticos precisos.
- Seleccionar una técnica de pronóstico que utilice al máximo la información contenida en los datos y patrones que éstos presentan.

De esto se desprende que tras realizar el primer paso de forma adecuada, se está en facultad de analizar los datos para así hacer una correcta elección de la técnica a aplicar. En este caso, se puede optar, indistintamente, por las del tipo cualitativas o cuantitativas, dividiéndose éstas últimas en estadísticas y determinísticas.

Finalmente, otros factores que deben ser considerados son el horizonte de tiempo para el cual el pronóstico está previsto y la confiabilidad y aplicabilidad para el problema para el que fue diseñado (Hanke, 1996).

De igual forma, Chapman (2006) define como pronóstico a la “técnica para utilizar experiencias pasadas con la finalidad de predecir expectativas del futuro”, siendo algunas de sus principales características, sin importar el sistema al que se aplique, las siguientes:

- Los pronósticos son siempre incorrectos, debido a que en todo momento se tiene un error potencial. El objetivo está en determinar cuánto es el máximo tolerable y cómo se incluirá éste en las predicciones.
- Los pronósticos son siempre más precisos cuando se hacen para períodos cortos, dado que la información que se tiene a la mano, que es con la que se hace la predicción, es ciertamente más confiable, ya que incluye menos distorsiones.
- Los pronósticos no son sustitutos de la demanda calculada, ya que si se tiene la demanda real para ciertos períodos es mejor trabajar con ella y no reemplazarla con pronósticos, que siempre mantendrán un porcentaje de error.

Por su parte, Pindyck (2001) asocia el concepto de pronóstico al “estimado cuantitativo (o conjunto de estimados) acerca de la verosimilitud de eventos futuros, que se elabora con base en la información pasada y actual”. Asimismo, en su definición hace especial hincapié en las siguientes diferenciaciones

- Los pronósticos de punto, que son aquellos que predicen un solo punto del período pronosticado, y los pronósticos de intervalo, que indican el intervalo en los que se espera que se encuentren los valores futuros.
- Pronósticos ex post y ex ante, los cuales tienen en común que predicen valores dependientes, pero los primeros lo hacen mediante variables exógenas que ya son conocidas durante el período de pronósticos, mientras que los segundos se basan en variables explicativas que pueden o no conocerse en el momento de la predicción y que, por ende, no proporcionan valores con los que se puedan comparar.

Según las definiciones recopiladas, se tomará como concepto de pronóstico a la estimación de valores futuros basándose en los datos y características del pasado, empleándose esta información para la toma de decisiones a corto plazo, con el objetivo de obtener datos precisos para un período determinado de tiempo.

## 1.2 Minería de Datos

La Minería de datos se define según Hernández (2004) como el “proceso de extraer conocimiento útil y comprensible, previamente desconocido, desde grandes cantidades de datos almacenados en distintos formatos”. En otras palabras, la aplicación de esta metodología se puede resumir en dos puntos esenciales:

- El trabajo con grandes volúmenes de datos, los cuales incluyen en su mayoría datos extraños, datos ausentes, etc. que deben ser previamente analizados.
- Emplear técnicas adecuadas que permitan obtener información y conocimiento novedoso y útil.

Por su parte, Pérez (2007) define a la minería de datos como “un proceso de descubrimiento de nuevas y significativas relaciones, patrones y tendencias al examinar grandes cantidades de datos”. Esto con el objetivo de describir y comprender mejor los datos logrando predecir comportamientos futuros.

### 1.2.1 Fases del proceso de Extracción del Conocimiento

Si bien la minería de datos es una técnica importante para el análisis de datos, ésta finalmente forma parte de un procedimiento mayor conocido como el Proceso de Extracción del Conocimiento<sup>1</sup>, el cual cuenta con cuatro etapas adicionales, las cuales también son esquematizadas en el gráfico 1.

#### a) Integración y recopilación

Se determinan las fuentes de información y dónde conseguirlas. Una vez que se tienen todos los datos necesarios, se procede con la unificación de los mismos, a través de la formación de almacenes de datos. Estos permitirán darle una mayor visibilidad a la información con la que se cuenta, así como detectar inconsistencias que puedan ser eliminadas en primera instancia.

#### b) Selección, limpieza y transformación

Dado que los datos provienen de diversas fuentes, lo normal es que éstos contengan una serie de valores incorrectos y/o incompletos, por lo que es necesario decidir el tratamiento que se les dará. Asimismo, es en esta fase donde se procede a identificar

---

<sup>1</sup> Conocido por sus siglas en inglés KDD (*Knowledge Discovery from Databases*)

las variables relevantes de modo que la siguiente etapa sea más sencilla y así se puedan obtener datos útiles.

c) Minería de datos

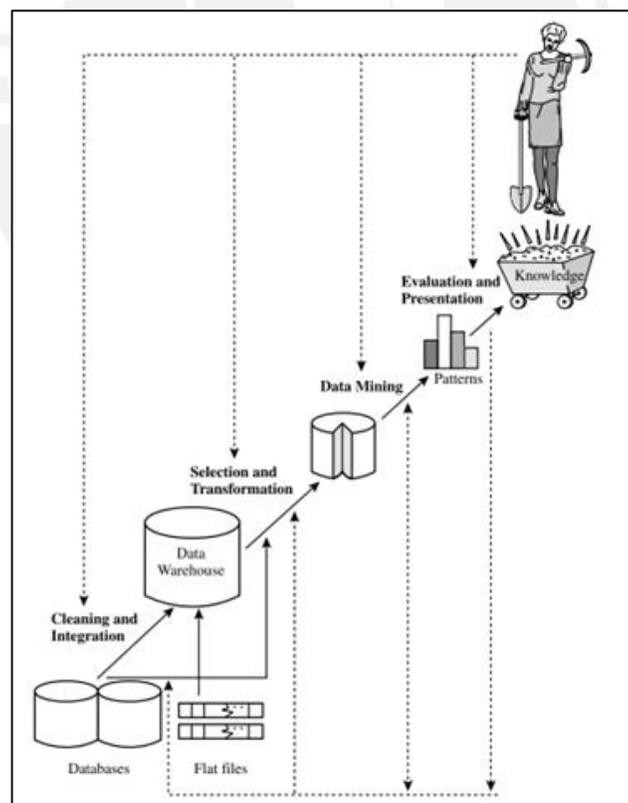
Fase en la que se define específicamente la tarea que se va a realizar, al mismo tiempo que se elige el método a emplear.

d) Evaluación e Interpretación

Los resultados obtenidos son evaluados por los usuarios finales, quienes son los que determinan si es necesario volver a etapas anteriores para realizar nuevas iteraciones a modo de encontrar valores más cercanos a la solución del problema planteado.

e) Difusión y uso

Una vez que se tiene los datos validados, se procede a comunicar el trabajo realizado de manera que todas las personas involucradas estén al tanto del mismo.



**Gráfico 1.** Minería de Datos como parte del Proceso de Extracción del Conocimiento  
Fuente: Han (2006)

### 1.2.2 Tareas de la minería de datos

Centrándonos en la etapa de la Minería de Datos y dada la gran variación y la utilidad de la misma, se tienen dos clases de tareas que pueden ser aplicados en los diversos problemas que se presentan y que engloban las diversas técnicas que se tienen.

#### a) Tareas predictivas

Estas tienen como objeto estimar valores futuros de variables de interés, que son denominadas variables objetivo, a través de otros campos de la base de datos que son denominados variables independientes o predictivas.

Algunas de los métodos aplicados se describen a continuación.

- **Clasificación:** el objetivo de esta técnica es que a través de una serie de eventos históricos, se pueda predecir la clase a la que pertenecerían las nuevas entidades que se van sumando al sistema y que toman valores discretos. Así, el ratio final para esta tarea se mide en función al cociente entre las entidades clasificadas correctamente y las predicciones totales que se realizaron.
- **Regresión:** a diferencia del método anterior, en este caso los valores predichos son numéricos, ya que asignan un valor real a cada nuevo evento, basándose en una función ya establecida. Para este caso, la medida de la efectividad está dada por el error cuadrático medio entre el valor predicho y el real, siendo el objetivo principal minimizar este número.

#### b) Tareas Descriptivas

Empleadas para explorar las propiedades de los datos examinados, por lo que a partir de ellos no se predicen datos, sólo se identifican patrones de comportamiento. Los métodos más usados son los siguientes.

- **Agrupamiento:** técnica que consiste en generar grupos a partir de los datos existentes, siendo la tarea principal el encontrar las características que servirán para formarlos, punto en el que se diferencia de los anteriores modelos, ya que en esos casos este tipo de clasificación ya está dado. Cabe resaltar que la idea principal en este caso es conseguir que cada grupo o *cluster* formado presente internamente

características muy similares, pero que sean de marcada diferenciación con el resto de grupos.

- **Análisis correlacional:** consiste en medir el grado de relación entre las variables incluidas en el análisis, teniendo como forma principal de medición el indicador de coeficiente de correlación, el cual puede tomar valores entre 1 y -1 y cuya interpretación se puede dar de la siguiente manera: si el valor obtenido es cercano a 0 lo que estaría sucediendo es que las variables no se relacionan entre sí; mientras que si el resultado es más bien cercano a 1 o -1, lo que se concluye es que tienen una relación bastante estrecha (ambas se incrementan o disminuyen a la par)

Una vez que se tiene definido el tipo de modelo a emplear, se deberá especificar la técnica que se aplicará. Algunas de ellas son los árboles de decisión, aprendizaje bayesiano, redes neuronales, entre otros. La elección de alguno de ellas depende del resultado final que se busca obtener y del grado de exactitud del mismo.

Se debe tomar en cuenta que siempre será necesario realizar una serie de pruebas para obtener la técnica que se adecue mejor, lo cual implica que en determinados momentos se tenga que retroceder a fases anteriores y reformular cada uno de las pautas establecidas.

### 1.3 Redes Neuronales

Las redes neuronales son elementos de la Inteligencia Artificial que tienen como objetivo generar modelos que se basan en el funcionamiento del cerebro del ser humano para no sólo aplicar un algoritmo, sino que además “elaboran”, en cierta medida, la información de entrada de su entorno para obtener una respuesta (Galván, 2004)

Es decir, la generación del modelo parte de alimentar el software que se está utilizando con diversos ejemplos de los cuales se pueda captar las relaciones que existen entre las diferentes variables que repercuten en el comportamiento de los datos. A través de esto, lo que hace posteriormente es ir desarrollando ya las relaciones mientras que avanza en el proceso de predicción.

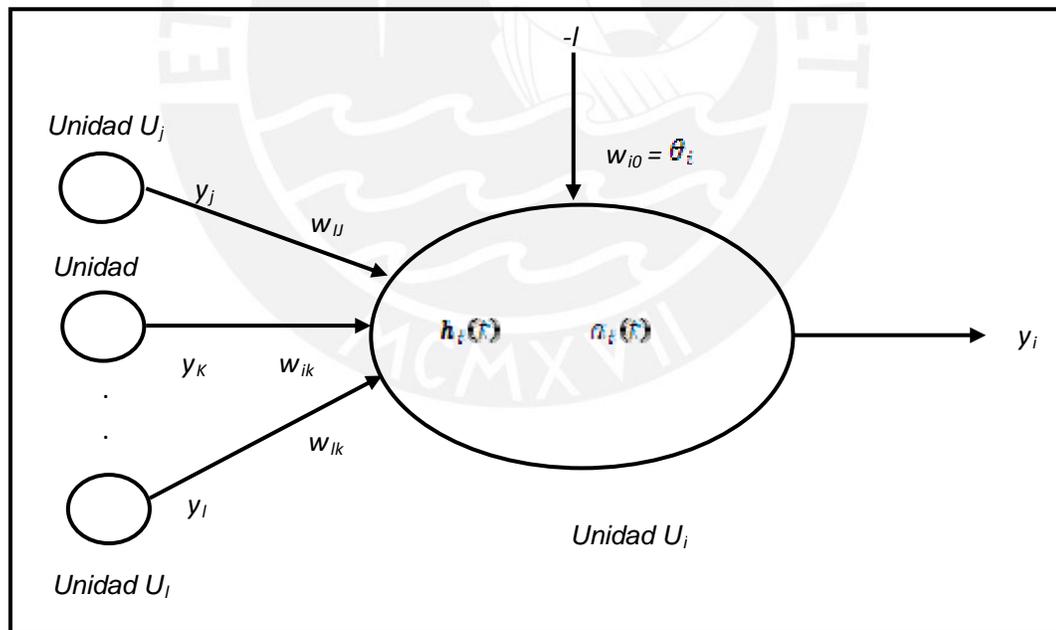
### 1.3.1 La Neurona Artificial

Se conoce como neurona artificial al “elemento que posee un estado interno, llamado nivel de activación, y que recibe señales que le permiten, en su caso, cambiar el estado” (Galván, 2004).

Existen tres tipos de neuronas:

- Unidades o nodos de entrada: se refiere a aquellas que reciben la información de entrada proveniente del exterior de la red.
- Unidades ocultas: que son aquellas que internamente procesan la información y la transmiten a lo largo de la red.
- Unidades de salida: que tiene como único objetivo proporcionar una respuesta de la red.

Estos tres tipos de neuronas se conectan de manera que al recibir algún estímulo del exterior y, considerando los pesos de dichas conexiones, generan una señal de salida.



**Gráfico 2.** Estructura de una neurona  
Fuente: Martín (2005); elaboración propia

La ecuación mostrada a continuación es la representación matemática de una neurona artificial:

$$y_i(t) = F_i(a_i(t)) = F_i \left[ f_i(a_i(t) - 1) \cdot h_i(t) \right]$$

Donde:

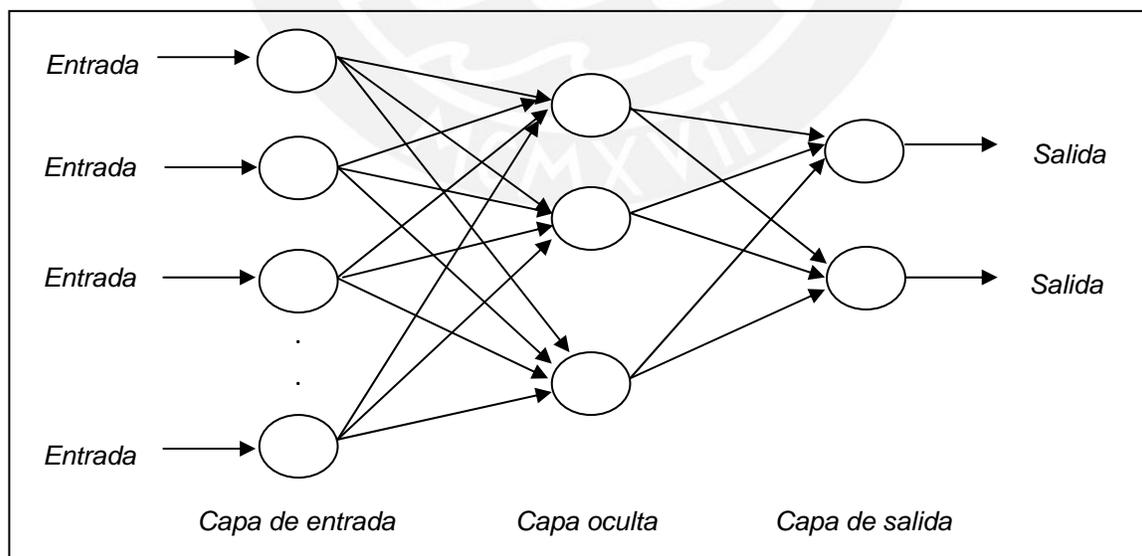
- $F_i(t)$  representa la función de salida
- $h_i(t)$  es el potencial postsináptico de la neurona
- $f_i(t)$  es la función de activación o de transferencia asociada
- $a_i(t)$  es el valor numérico o estado de activación en un determinado momento del tiempo.

### 1.3.2 Estructura de una red neuronal

#### 1.3.2.1 Capas

La unión de las neuronas da lugar a la formación de capas, las cuales se clasifican bajo las mismas características que sus predecesoras:

- Capa de entrada: conjunto de las neuronas de entrada de la red.
- Capa oculta: conjunto de las neuronas intermedias de la red.
- Capa de salida: conjunto de las neuronas de salida de la red.



**Gráfico 3.** Esquema de una red de dos capas  
Elaboración propia

Según dicha clasificación, las redes neuronales pueden ser de dos tipos de arquitectura; es decir, pueden tener diferentes formas en la que se conectan entre sí:

- Redes monocapa: las cuales están formadas por un solo nivel de neuronas.
- Redes multicapa: compuestas por dos o más capas.

Por otro lado, una red neuronal se distingue por la dirección en la que van los datos de salida y entrada, pudiéndose generar una conexión intercapa o una intracapa, dependiendo de si el flujo se da entre neuronas de una misma capa o entre diferentes.

### 1.3.2.2 Funciones

Las funciones de una red neuronal son las siguientes:

- Función de propagación o de red  
Tiene como tarea calcular el valor de base o entrada total a la unidad, mediante la suma ponderada de todas las entradas recibidas; es decir, cada una de las entradas multiplicadas por el peso de la conexión a la que pertenecen.  
De esta forma, dado que  $w_{ij}$  es el peso de la conexión entre la neurona  $i$  y la neurona  $j$ , se pueden obtener las siguientes clases de interacción:

**Tabla 1.** Tipos de interacción en una red neuronal

TIPO	SITUACIÓN	DESCRIPCIÓN
<b>Excitadora</b>	$w_{ij}$ tiene un valor positivo	Siempre que la neurona $i$ esté activa, la neurona $j$ recibirá una señal que la activará
<b>Inhibidora</b>	$w_{ij}$ tiene un valor negativo	Si la neurona $i$ está activa, enviará una señal a la neurona $j$ que la desactivará
<b>Nula</b>	$w_{ij}$ es cero	No existe conexión entre las neuronas

Fuente: Flores (2008); elaboración propia

Finalmente, mediante esta función obtenida, se puede plantear el valor del potencial post- sináptico  $Net_j$  (Flores, 2008) de la neurona en un momento  $t$  de acuerdo a la función  $\sigma_j$ , tal que:

$$Net_j(t) = \sigma_j(w_{ij}, x_i(t))$$

- Función de activación

Define el comportamiento de las neuronas a partir del potencial post-sináptico obtenido y el estado inicial de la neurona. Esto se realiza a partir de diferentes tipos de funciones, ya sean de umbral o no lineales <sup>(2)</sup>, para así calcular el nuevo estado con la información recibida.

Se definen tres tipos de funciones de activación más comunes:

- a) Función Lineal: devuelve directamente el valor de activación de la neurona. Es usada para sistemas de baja complejidad o cuando se desea que la red aprenda los eventos menos frecuentes. Su expresión matemática es la siguiente:

$$F(x) = x$$

- b) Función Logística Sigmoide: es la más empleada en la aplicación de redes neuronales. Se caracteriza por concentrar el aprendizaje en valores no extremos, en los cuales se deberían encontrar la mayor parte de los resultados. En términos matemáticos queda expresada en:

$$F(x) = \frac{1}{(1 + e^{-x})}$$

- c) Función Tangente Hiperbólica: función similar a la logística sigmoide, diferenciándose en que en este caso el rango de salida permite respuestas simétricas, manteniendo una intermedia en cero. La expresión matemática que la describe es:

$$F(x) = \frac{(e^x - e^{-x})}{(e^x + e^{-x})}$$

### 1.3.3 Mecanismos de aprendizaje

<sup>2</sup> Se denomina función de umbral cuando las neuronas se activan bruscamente; es decir, o no se activan o lo hacen de golpe. Estas funciones son adecuadas para tareas de clasificación y reconocimiento (Pérez López, 2007).

Según Galván (2004), un mecanismo de aprendizaje es la determinación de los valores precisos de los pesos para todas las conexiones, de manera que se pueda generar una red final, dando un resultado eficiente al problema.

Existen cuatro tipos de mecanismos de aprendizaje (Pérez y Santín, 2007):

- **Aprendizaje supervisado**  
Se le proporciona a la red un conjunto de datos de entrada y la respuesta correcta o esperada (Hernández, 2004). Así, se propaga hacia adelante los datos de entrada de modo que la activación alcanza la capa de salida, de modo que se obtenga el valor de salida y este sea comparado con el real. Los pesos asignados se modifican como resultado de esta comparación, viéndose este cambio netamente influenciado por el grado de diferencia que se presenta.
- **Aprendizaje no supervisado**  
Se presenta una reorganización de los pesos basándose en información interna de la red, ya que no se tiene ningún patrón con el cual comparar (a la red sólo se le proporciona un conjunto de datos de entrada, mas no una respuesta esperada). Por ello, en este caso el ajuste se da únicamente con algún tipo de estructuración obtenido de los datos de entrada.
- **Aprendizaje híbrido**  
Es aquel en el que se mezclan los dos anteriores: algunas capas tienen aprendizaje supervisado, mientras que otras tienen el no supervisado.
- **Aprendizaje reforzado**  
Presenta características similares al aprendizaje supervisado, indicándole a la red de forma global su comportamiento; es decir, se evalúa el error global en el que cae, indicando sólo si su resultado fue bueno o malo, sin proporcionar mayor detalle.

Finalmente, a los rasgos mencionados anteriormente, se le agregan otros que, en conjunto, definen a una red neuronal.

**Tabla 2.** Factores que definen una red neuronal

FACTORES QUE DEFINEN UNA RED NEURONAL
• Topología o arquitectura de la red
• Algoritmo o regla de aprendizaje
• Tipo de asociación de la información de entrada y de salida
• Forma de representación de los datos



Elaboración propia

### 1.3.4 Modelos de redes neuronales

Los diferentes tipos de modelos de RNA son los que se describen a continuación:

- **Perceptrón Simple**  
Modelo introducido por Rosenblatt en 1958, en el que se define una red unidireccional, compuesta por dos capas, una de entrada y otra de salida.  
El mecanismo de aprendizaje que sigue es el de tipo supervisado. Además, se describe como iterativo, ya que se debe aplicar continuamente hasta encontrar los pesos que solucionan el problema; es decir, se debe repetir una y otra vez, corrigiendo los errores que se van obteniendo, hasta encontrar los pesos ideales para la respuesta esperada.
- **Perceptrón Multicapa**  
Modelo introducido por Rumelhart en 1986 a modo de solucionar aquellos problemas que no podía el perceptrón simple. Así, surgió este tipo de RNA, que resulta de una ampliación del anterior, ya que se le agrega una serie de capas ocultas entre las capas de entrada y salida. Por su parte, en este caso se aplica un tipo de aprendizaje especial: el algoritmo de *Backpropagation*.
- **Redes Hebbianas**  
Tipo de redes basado en la regla de Hebb, la cual menciona que si una neurona activa a otra, la sinapsis queda reforzada. Esto sucede cuando al momento de la asociación, una o más neuronas se activan de manera simultánea, originando que la activación o desactivación de una de ellas influye en la otra, por lo que se podrían activar varias neuronas a la vez en la salida.  
Para este caso, se aplica un aprendizaje no supervisado.
- **Redes Kohonen**

En este caso se da la formación de mapas, los cuales parten de la premisa que basta con un estímulo externo para que se formen. A partir de ello y de la semejanza de los datos de entrada, aplica el aprendizaje no supervisado, pero el denominado de tipo competitivo, ya que el proceso que se da es que ante una determinada información de entrada, las neuronas compiten, resultando ganadora aquella que nos proporcione el menor error y esta será la que se mantiene activa, haciendo que los pesos de las conexiones se ajusten en función a ella.

- Redes Hopfield

Modelo similar al perceptrón, pero con la característica que las neuronas de la capa media, tienen conexiones de salida hacia otras neuronas de la capa media. Esto permite que en esta capa se genere un *feedback*, de modo que al activarse una de las neuronas, las demás cambiarán también su estado de activación, que a la vez hará cambiar el suyo; por lo que el patrón de activación sólo se transmitirá cuando se llegue a un equilibrio.

Asimismo, en este caso no es necesario el cálculo de pesos, ya que se mantienen constantes.

#### 1.3.4.1 Algoritmo de *Backpropagation*

Dado la importancia y constante aplicación de este algoritmo en el uso de las redes neuronales, en especial para el perceptrón multicapa, que es uno de los tipos de RNA más empleados, es necesario definir el mismo.

Este algoritmo consiste básicamente en dos etapas según Flores (2007):

- Fase de aprendizaje “hacia adelante”: etapa en la que los patrones de entrada se propagan por las capas posteriores hasta generar una salida. El resultado obtenido es comparado con la salida esperada, calculando un valor de error para cada neurona de la última capa que pertenece al sistema.
- Fase de aprendizaje “hacia atrás”: los errores que se obtienen en la primera fase son transmitidos hacia las neuronas de las capas intermedias que participaron en la salida, recibiendo sólo una fracción del error según su participación en la salida original.

Este proceso se repite capa por capa hasta que todas las neuronas participantes reciban un error que describa su aportación al output final. A partir del valor recibido, se procede a reajustar los pesos asociados a cada neurona, de modo que se minimice el error total de la red en el futuro.

La importancia de este proceso es que de haberse dado un aprendizaje eficaz, ante cualquier estímulo de entrada desconocido, la red será capaz de proporcionar una salida bastante próxima a la esperada, debido a que las neuronas de las capas medias ya son capaces de organizarse a sí mismas.

### 1.3.5 Aplicación de una red neuronal

Para la aplicación de una red neuronal para un problema específico, según Pérez y Santín (2007), se deben seguir los pasos descritos a continuación:

- Conceptualización del modelo para el estudio del problema concreto: primer paso en el que se deben identificar las entradas, salidas y la información que se dispone para realizar el modelo.
- Adecuación de la información que se dispone a la estructura de la red a crear: se establecerán los patrones de aprendizaje y los de validación. Los primeros serán empleados para el entrenamiento de la red; mientras que los segundos, como su nombre lo indica, servirán para validarla.
- Fase de aprendizaje: la red va recibiendo los patrones adecuados, de modo que va proporcionando, a su vez, una salida. Este proceso es repetido una serie de veces, mientras que se va comparando la información de salida obtenida con la esperada, para que de esta forma los algoritmos de aprendizaje vayan reduciendo el error y obtener resultados más próximos a los esperados.
- Fase de validación: se proporciona a la red el conjunto de patrones de validación y se mide el error cometido por la misma, comparado con este conjunto. Así, se tiene un valor que indica la bondad de la red.

- Fase de generalización: Si el valor obtenido anteriormente es el adecuado, la red ya es utilizada como un método de predicción, por lo que al darle nuevos datos de entrada, se obtendrá las salidas requeridas.

### 1.3.6 Ventajas de las redes neuronales

Debido a las características similares que presentan las redes neuronales con el cerebro humano, permiten resolver problemas de manera rápida a comparación de otros métodos.

Adicionalmente a ello, presentan otras ventajas de acuerdo a Hilera y Martínez (1994):

- Aprendizaje adaptativo: referido a la capacidad que tienen de aprender a realizar tareas basadas en un entrenamiento o experiencia inicial.
- Auto – organización: gracias a la etapa de aprendizaje que poseen, tienen la capacidad de crear su propia organización o representación de la información que reciben.
- Tolerancia a fallos: debido a la complejidad de las redes y a los múltiples elementos por los que están compuestas, es posible que alguno de estos elementos individuales fallen pero sin repercutir significativamente en la respuesta total del sistema.
- Operación en tiempo real: los cómputos neuronales puede ser realizados de manera simultánea, lo que permite obtener los resultados en menor tiempo, acelerando el proceso de toma de decisiones.
- Fácil inserción dentro de la tecnología existente: una red puede ser entrenada para un objetivo específico; sin embargo, luego puede ser implementada en otro sistema con miras a realizar de mejor manera tareas específicas.

Además de las ventajas mencionadas anteriormente, las redes neuronales no necesitan ser programadas para realizar una determinada tarea, ni adaptadas al experimentar cualquier tipo de cambio. No obstante, tienen como limitación el hecho de actuar como una especie de “caja negra”, ya que no es posible determinar de forma detallada cómo procesa internamente la información que se le proporciona.

## 1.4 Software a emplear

El software que se empleará para el modelamiento de la red neuronal será *NeuralTools* 5.7 propiedad de Palisade.

Dicho programa permite realizar tanto el entrenamiento, la prueba y la predicción de la red, ofreciendo la ventaja de usar la misma interfaz que Microsoft Excel. Asimismo, luego de cada ejecución realizada, muestra reportes con los resultados obtenidos, los cuales incluyen a su vez gráficos de los mismos, que pueden ser manejados con las herramientas básicas de Excel.

De forma paralela a dichos reportes, genera un cuadro resumen en donde se van colocando los valores que se obtienen de la predicción, siendo estos actualizados en la misma hoja de cálculo al variar cualquiera de las variables independientes que sirven para el entrenamiento.

Finalmente, ofrece la oportunidad de realizar optimizaciones con Evolver, software de la misma compañía, así como realizar el pre-procesamiento de los datos a través del reemplazo de datos faltantes mediante valores o algoritmos escogidos.

## CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se expone la situación actual del caso en estudio, estableciendo los elementos principales que marcan su comportamiento y que se adaptarán a los requerimientos de la metodología para así generar la oportunidad de mejora.

### 2.1 Antecedentes

Las entidades bancarias ofrecen diversos canales de atención a sus clientes, entre los que destacan las oficinas y los cajeros automáticos, siendo las primeras donde se observa la mayor concentración de movimiento de efectivo en cuanto a cantidades y diversidad de denominaciones. Por ello, la decisión para la apertura de este canal involucra una serie de detalles que van desde la ubicación e infraestructura, hasta el análisis para la asignación del número de ventanillas de atención, el número de cajeros, la cantidad máxima de efectivo que debe manejar diariamente, entre otros. Estas pautas se pueden ir ajustando en el tiempo, conforme vaya cambiando el comportamiento del entorno de la oficina, procurando de esta forma optimizar la gestión e incrementar la eficiencia, considerando que la oficina no se debe exceder el saldo máximo asignado, de manera que no genere un costo de oportunidad, pero que a la vez debe contar con el efectivo necesario para atender su demanda diaria, contribuyendo con la satisfacción del cliente.

De acuerdo a resultados presentados por el Departamento de Estadística de la ASBANC<sup>(3)</sup>, el número de transacciones según el canal de atención ha ido evolucionando durante los últimos años de acuerdo a lo que se muestra en la Tabla 3.

Se observa que para el caso de las ventanillas (Oficinas) al comparar la cantidad de transacciones con respecto al año 2007, éstas se han ido incrementando en un promedio de 22%, mientras que a su vez los cajeros automáticos aumentaron su transaccionalidad en más de un 100%. Por ello, en suma se debe considerar un fuerte incremento de la demanda en ambos canales, ya que en cierta manera al estar un porcentaje de cajeros dentro de una oficina cualquier variación de su demanda también afectará a esta última. Dado ello, se requerirá cada vez un análisis más exhaustivo para así identificar las oportunidades mejora y ser en cada momento más eficientes, generando menos gastos.

---

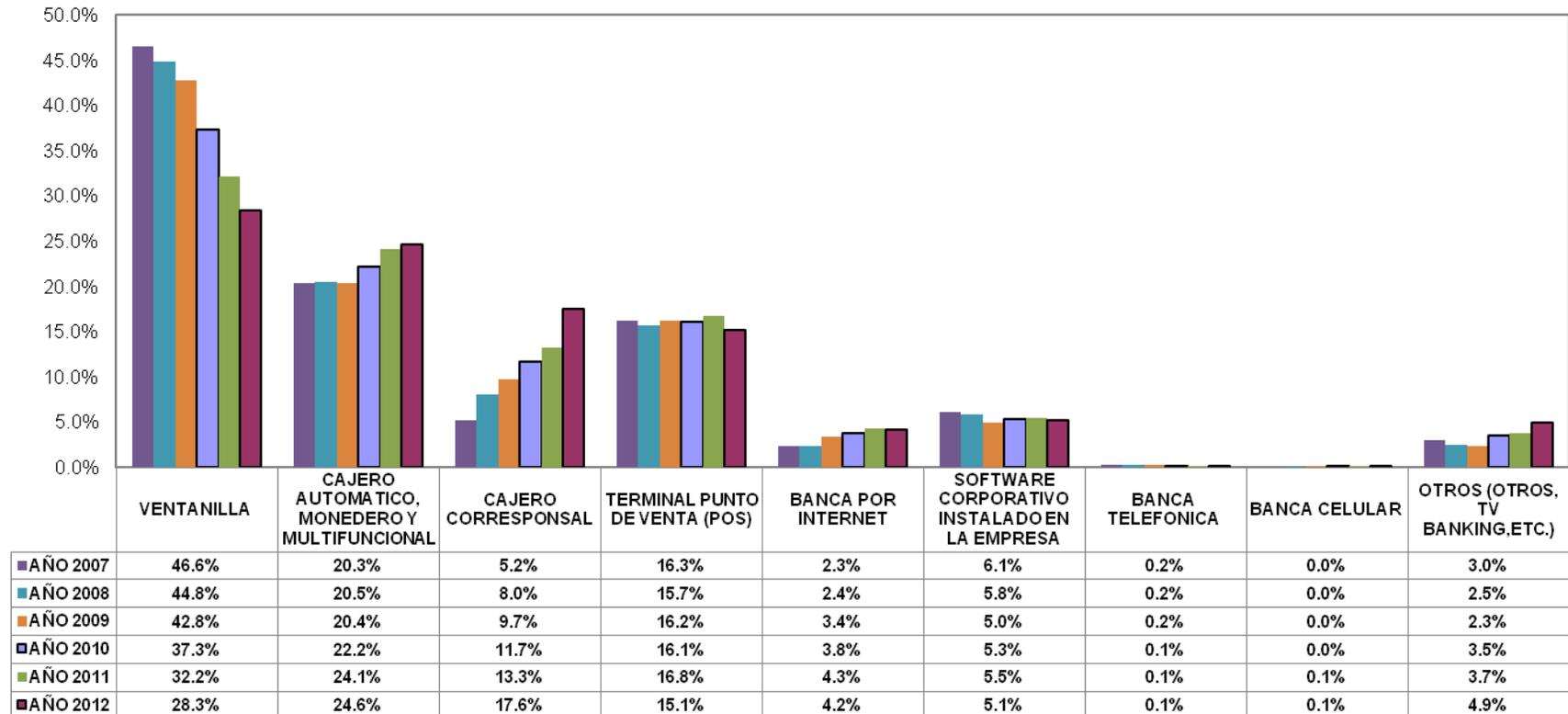
<sup>3</sup> ASBANC, siglas de Asociación de Bancos del Perú

**Tabla 3.** Número total de transacciones monetarias por canal de atención

CANAL DE ATENCIÓN	AÑO 2007		AÑO 2008		AÑO 2009		AÑO 2010		AÑO 2011		AÑO 2012	
	NÚMERO	PARTICIPACIÓN										
VENTANILLA	225,025,337	46.6%	270,323,730	44.8%	296,528,376	42.8%	282,223,730	37.3%	274,164,816	32.2%	274,067,757	28.3%
CAJERO AUTOMÁTICO, MONEDERO Y MULTIFUNCIÓN AL	98,176,967	20.3%	123,613,902	20.5%	141,369,155	20.4%	167,585,163	22.2%	204,907,163	24.1%	237,794,327	24.6%
CAJERO CORRESPONSAL	25,276,824	5.2%	48,083,402	8.0%	66,976,448	9.7%	88,134,447	11.7%	113,161,735	13.3%	169,820,521	17.6%
TERMINAL PUNTO DE VENTA (POS)	78,539,831	16.3%	94,622,592	15.7%	112,201,748	16.2%	121,617,237	16.1%	142,785,210	16.8%	146,368,398	15.1%
BANCA POR INTERNET	11,299,611	2.3%	14,440,444	2.4%	23,633,117	3.4%	28,798,890	3.8%	37,017,872	4.3%	40,566,010	4.2%
SOFTWARE CORPORATIVO INSTALADO EN LA EMPRESA	29,451,792	6.1%	35,201,446	5.8%	34,328,631	5.0%	40,163,823	5.3%	46,615,431	5.5%	49,674,203	5.1%
BANCA TELEFÓNICA	1,057,343	0.2%	1,326,248	0.2%	1,428,387	0.2%	998,275	0.1%	910,278	0.1%	562,530	0.1%
BANCA CELULAR	0	0.0%	29,424	0.0%	246,096	0.0%	374,113	0.0%	426,352	0.1%	952,595	0.1%
OTROS (OTROS, TV BANKING, ETC.)	14,409,757	3.0%	15,097,989	2.5%	15,880,580	2.3%	26,125,563	3.5%	31,865,057	3.7%	47,052,222	4.9%
<b>TOTAL</b>	<b>483,237,462</b>	<b>100.0%</b>	<b>602,739,176</b>	<b>100.0%</b>	<b>692,592,537</b>	<b>100.0%</b>	<b>756,021,240</b>	<b>100.0%</b>	<b>851,853,913</b>	<b>100.0%</b>	<b>966,858,563</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Departamento de Estadística de la ASBANC (2012)

**TRANSACCIONES MONETARIAS POR CANAL DE ATENCION: AÑOS 2007 - 2012**



**Gráfico 4.** Transacciones monetarias por canal de atención: 2007 – 2012 Bancos y Financieras

Fuente: Departamento de Estadística de la ASBANC (2012)

Adicionalmente, el gráfico 4 muestra el crecimiento de las transacciones en los cajeros automáticos con respecto a las totales, mientras que las que se realizan en oficinas (ventanillas) disminuyeron su porcentaje de participación. Sin embargo, son éstas últimas las que continúan concentrando el mayor porcentaje, ya que hay ciertas operaciones que siguen siendo exclusivas de esta clase de canal de atención. Asimismo, se debe considerar que aproximadamente el 60% de la demanda de una oficina se debe a los cajeros automáticos y es por ello que si bien, ahora este canal concentra el 24.6% de la participación, esto también repercute en las oficinas donde estos ATMs<sup>4</sup> se ubican.

Debido a la importancia de la atención en las oficinas, es necesario realizar el planeamiento para el abastecimiento de efectivo de forma diaria, para lo cual se debe tomar en cuenta una serie de factores que van variando en el tiempo y que intervienen en cada decisión a ejecutar. Por ello, para tener un mejor control y visibilidad del proceso y así realizar un mejor análisis, las oficinas son separadas en dos grandes grupos de acuerdo a la ubicación de las mismas: Oficinas Lima y Oficinas Provincias, que representan el 63% y 37%, respectivamente.

De forma paralela, dentro de las oficinas en provincias se tienen a su vez dos categorías adicionales, las cuales consideran la distancia a la que se encuentran del espacio contratado por el banco a una empresa de custodia de valores para que almacenen y resguarden su efectivo, al cual se le conoce como bóvedas.

### 2.1.1 Oficinas Locales

Se les denomina así a aquellas que se encuentran en la misma plaza donde el banco tiene una bóveda contratada, facilitando el movimiento de efectivo en cuanto a su disponibilidad y tiempo de entrega.

### 2.1.2 Oficinas foráneas<sup>5</sup>

Son aquellas que se encuentran fuera del radio próximo a una bóveda y/o del ratio urbano. Dada esta condición, para este caso específico, como parte del planeamiento del traslado de dinero, se debe tener en cuenta las rutas que se pueden establecer entre las oficinas y que son predeterminadas por la empresa encargada del traslado de efectivo.

---

<sup>4</sup> Siglas de *Automatic Teller Machine*; en español, cajero automático.

<sup>5</sup> Definición establecida en el acuerdo entre el banco y la transportadora proveedora del servicio.

De acuerdo con esta clasificación, la distribución de las oficinas en el interior del país para una entidad bancaria específica es la que se muestra en la tabla 4.

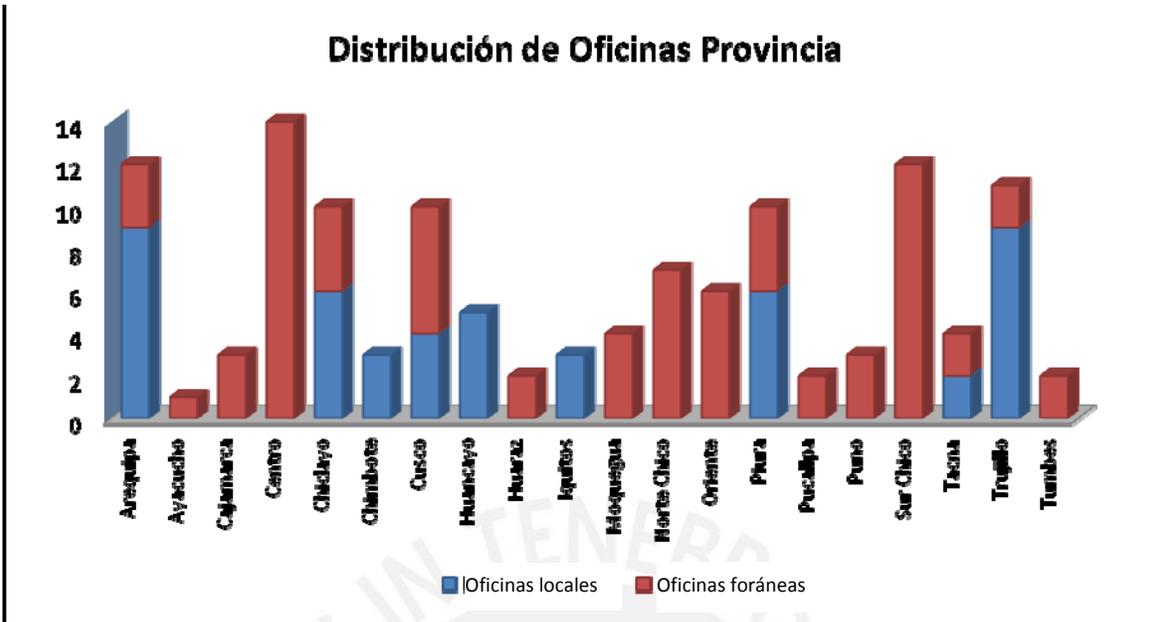
**Tabla 4.** Distribución de las oficinas en las provincias del país.

PLAZA	LOCAL	FORÁNEA	TOTAL
Arequipa	9	3	12
Ayacucho		1	1
Cajamarca		3	3
Centro		14	14
Chiclayo	6	4	10
Chimbote	3		3
Cusco	4	6	10
Huancayo	5		5
Huaraz		2	2
Iquitos	3		3
Moquegua		4	4
Norte Chico		7	7
Oriente		6	6
Piura	6	4	10
Pucallpa		2	2
Puno		3	3
Sur Chico		12	12
Tacna	2	2	4
Trujillo	9	2	11
Tumbes		2	2
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>	<b>77</b>	<b>124</b>

Fuente: La Empresa; elaboración propia

Se observa que la mayor concentración se presenta en las oficinas foráneas, que representan el 62% del total de las mismas. Esta situación se desprende también de la mínima cantidad de bóvedas que el banco tiene contratadas en el interior del país (10 en provincias), en comparación con las localidades donde se aperturan oficinas.

La plaza de Arequipa, las ciudades del Centro y las del Sur Chico son las que poseen una mayor cantidad de oficinas para esta entidad bancaria, crecimiento que está alineado al del sistema bancario en general, en el cual se muestra que dichas plazas han crecido un 27% con respecto a fines del año 2008.

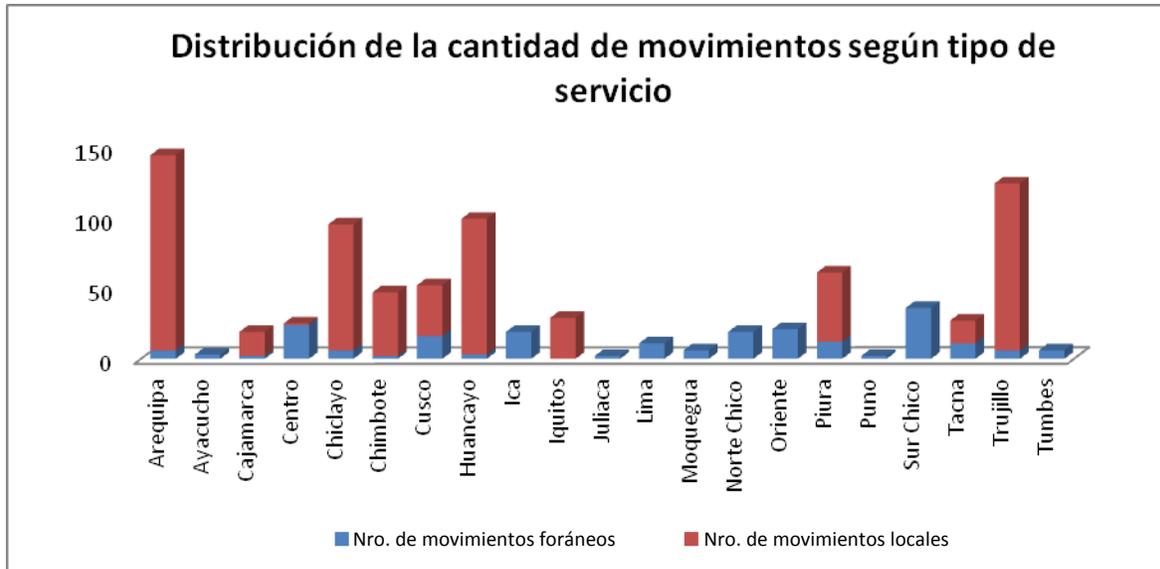


**Gráfico 5.** Concentración de las oficinas en las provincias del país  
Elaboración propia

En el gráfico 5 se aprecia que en cuanto a la cantidad de plazas o ciudades, el 50% sólo incluyen oficinas foráneas, dificultando aún más las decisiones a tomar para ellas, debido a la mayor cantidad de traslados que se tendría que realizar para su abastecimiento, puesto que no tienen una bóveda de efectivo cercana que les sirva de fuente de aprovisionamiento.

Estos datos llevan a concluir que, bajo este criterio, son estas oficinas a quienes se les tiene que poner especial énfasis, debido a la criticidad de sus procesos al tener que mezclar diversos factores, tales como: el cumplimiento del máximo de efectivo que deben mantener; los gastos que se ven directamente afectados por la cantidad de veces que se realiza un traslado y los montos de los mismos; las plazas que se ven involucradas en los movimientos y los acuerdos exigidos por las transportadoras de valores.

No obstante, es importante no sólo considerar la cantidad de oficinas en determinada ciudad, sino también, la cantidad de servicios que se realizan en cada una de ellas, ya que de esto modo se puede determinar cuáles son las que presentan mayores necesidades de movimiento de efectivo.



**Gráfico 6.** Distribución de la cantidad de movimientos según tipo de servicio  
Elaboración propia

Así, como primer análisis, el cual parte del gráfico 6, se concluye que los movimientos locales (dentro del ratio urbano) concentran el 75% del total de los servicios programados en el mes, observándose una mayor proporción en las localidades de Arequipa y Trujillo, quienes a su vez son las que tienen una mayor cantidad total de movimientos. Sin embargo, en sucursales como las del Oriente y Norte Chico, la preponderancia es con los movimientos foráneos, debido a la falta de bóvedas en las mismas.

### 2.1.3 Flujos de efectivo

El movimiento de efectivo en estos canales de distribución puede ser bajo cualquiera de las modalidades descritas a continuación:

- **Envíos:** se le denomina así cuando el dinero requerido sale desde una custodia del banco hacia la oficina que lo requiere. Para este caso la transportadora debe realizar las siguientes operaciones: procesar y depurar el dinero de forma previa a que sea trasladado a la oficina; es decir, deben separar los billetes aptos de los deteriorados y armar las bolsas por la cantidad total de efectivo a trasladar.
- **Recojos:** situación inversa al envío, pero con la participación de los mismos actores: el dinero excedente o deteriorado que tiene la oficina es enviado hacia la bóveda

respectiva. La transportadora presenta la misma participación en los procesos que para los envíos.

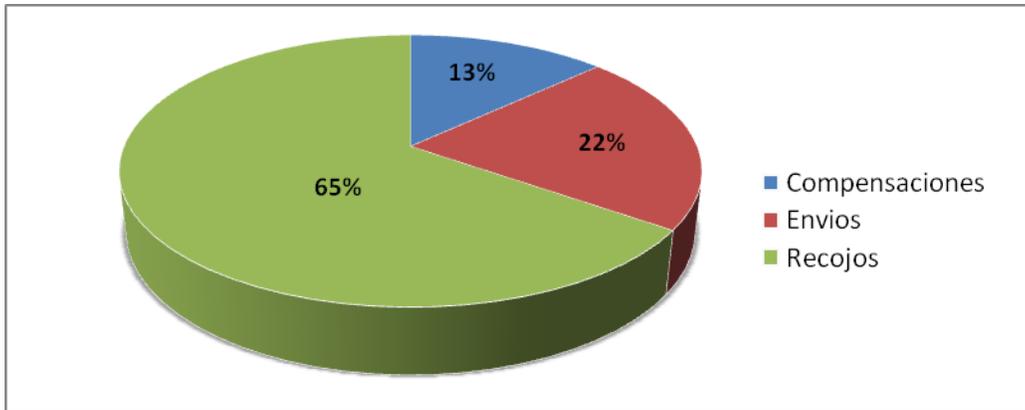
- **Compensaciones:** se considera una compensación cuando el flujo del dinero se da entre oficinas; es decir, el dinero excedente de una se lleva a otra que requiera de este efectivo. Para este caso, la única acción que ejecuta la transportadora es la del traslado de dinero. Sin embargo, para el caso de las oficinas en provincias, compensación también se le denomina cuando el banco X le da sus excedentes al banco Y, de manera que la transacción se da solo en la provincia evitando así que el banco X deba mandar ese dinero a Lima u otra provincia y que el banco Y más bien tenga que llevar a la ciudad que lo requiere.



**Gráfico 7.** Flujo de efectivo entre las oficinas y bóvedas de una entidad bancaria  
Elaboración propia

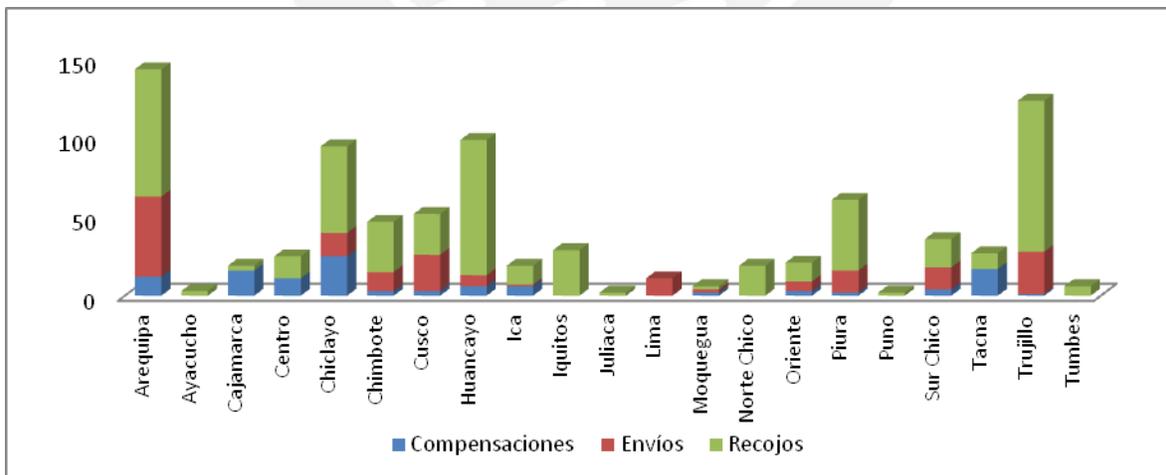
Al analizar la información bajo este criterio de clasificación, según lo mostrado en el gráfico 8 se tuvo un mayor porcentaje de recojos, lo cual nos lleva a concluir que hubo un gran exceso de efectivo en las oficinas, lo cual originó la necesidad de evacuar dicho dinero hacia las bóvedas correspondientes, pero a su vez, se da la posibilidad de haber tenido un bajo porcentaje en lo que respecta a las compensaciones con otros bancos<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> En el gráfico 8, bajo el nombre de compensación, sólo se incluyen aquellas transacciones que son entre oficinas, no las que se dan con otros bancos.



**Gráfico 8.** Proporción de los tipos de movimientos realizados en las oficinas provinciales  
Elaboración propia

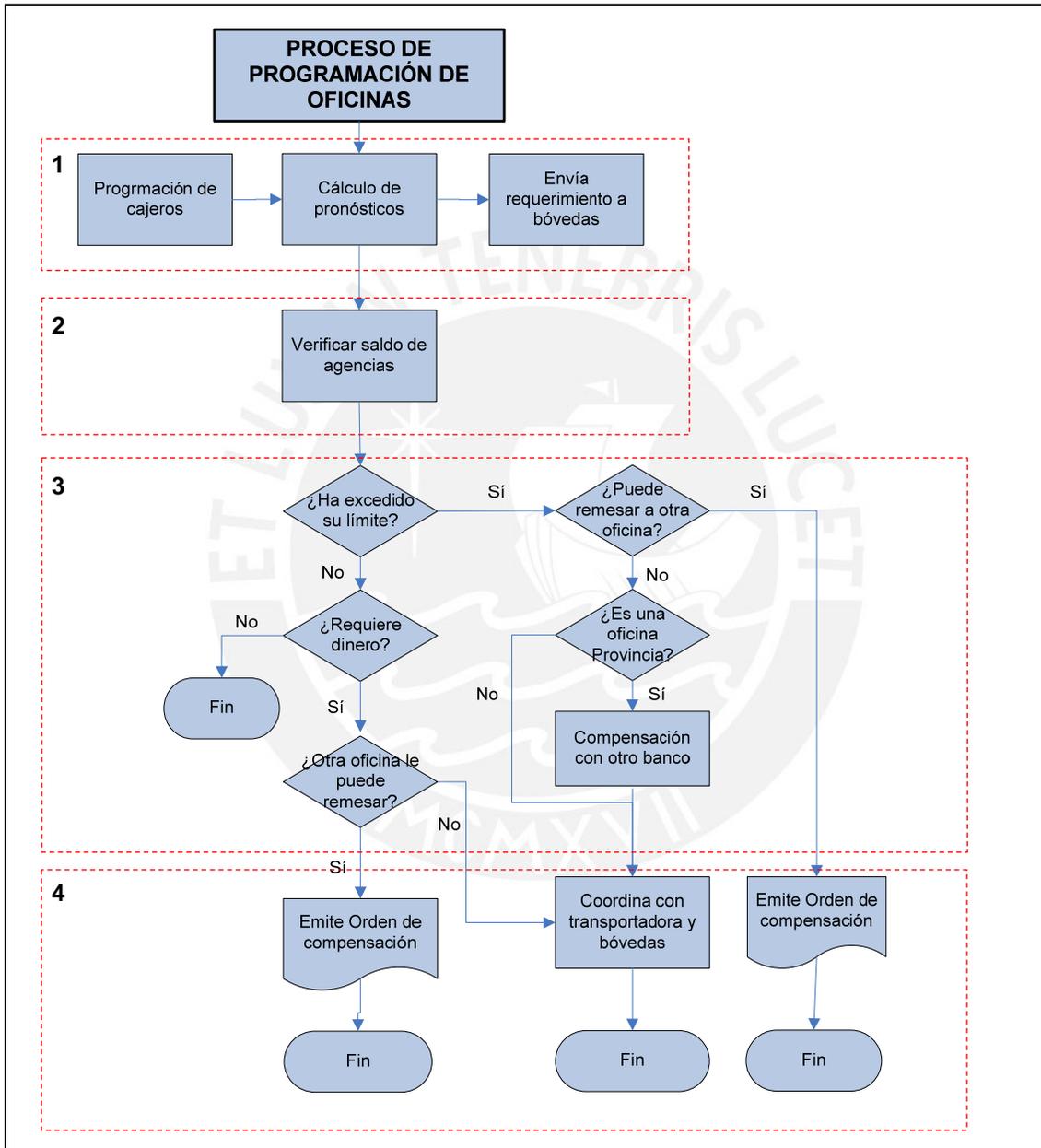
Al realizar un análisis más minucioso de la cantidad de movimientos registrados (detallado en el gráfico 9), se concluye que son las sucursales de Arequipa, Chiclayo, Huancayo y Trujillo en donde por lo general se presenta la mayor proporción de recojos, lo cual coincide con las plazas donde el banco en estudio tiene custodias alquiladas a las transportadoras, por lo que de alguna manera se justifica esta clase de movimientos, ya que, en primera instancia no representan un gasto significativo en comparación con otras alternativas de decisión. No obstante, se debe tener en cuenta que, gracias a la presencia de una mayor cantidad de oficinas, es en estas plazas donde el porcentaje de compensación debería ser mayor entre ellas.



**Gráfico 9.** Distribución del tipo de movimiento realizado por localidad  
Elaboración propia

## 2.2 Método de programación actual

La programación de las oficinas en provincias sigue una serie estructurada de pasos, los cuales se encuentran esquematizados en el gráfico 10.



**Gráfico 10.** Proceso actual de planeamiento del abastecimiento de oficinas  
Elaboración propia

- 1. Cálculo de pronósticos:** como primer punto, cada analista determina de manera general la cantidad de dinero que requerirá para abastecer a sus oficinas, tomando en cuenta los abastecimientos que se harán durante el día de los cajeros, puesto que es de la misma oficina de donde sale este efectivo. Esta cantidad tentativa es enviada a su vez a los analistas de bóvedas, quienes son los que finalmente administran todo el dinero con el que cuenta el banco en cada ciudad, de modo que ellos también lo consideren para sus cálculos (considerando esto, los analistas de bóvedas hacen sus propios pronósticos).
- 2. Verificar saldos:** luego de entregar lo requerido a las bóvedas, se actualiza la base de datos con los saldos reales que posee la oficina en dicho instante, tanto en soles como en dólares, para que a través de ellos se pueda tomar las decisiones pertinentes.
- 3. Fase de decisión:** en este paso surge la primera disyuntiva, ya que en primera instancia se verifica si la oficina está o no excedida (tiene más efectivo del máximo que debe mantener); en caso la respuesta sea positiva, se debe tomar otra decisión: si el dinero que tiene como exceso es posible enviarlo a otra oficina o si se va directo a la bóveda. Por su parte, para el caso específico de las oficinas provincias, se tiene una alternativa más que es colocar ese dinero en otro banco como una compensación. En cuanto a las prioridades, siempre se prefiere la compensación, ya sea entre oficinas o con otros bancos, y si se agota esta posibilidad recién se analiza el envío hacia la bóveda. El mismo proceso se repite en caso la oficina en lugar de tener excedentes, requiera conseguir dinero.

Cabe resaltar que como parte del orden del proceso, durante las mañanas se planifican los recojos; mientras que en las tardes, ya con la programación de los cajeros que se encuentran en la oficina, de quienes serán las proveedoras de efectivo, se determinan aquellas que requerirán del mismo y que, por ende, será necesario enviárselo desde una bóveda. Esta secuencia, se da principalmente por un tema de horarios de las empresas transportadoras, ya que lo que ellas tienen establecido es hacer los recojos durante las primeras horas del día y ya por las tardes entregarlo a las oficinas indicadas, en caso lo que se establezca sea una compensación, o llevarlo a la custodia si se indicó un recojo.

**4. Programación de movimientos:** con las decisiones ya tomadas, se procede a enviar las instrucciones necesarias tanto a las oficinas involucradas, de forma que puedan preparar las cantidades pertinentes, lo cual incluye armar las bolsas con dinero apto para su uso; como a las transportadoras quienes finalmente serán las encargadas de efectuar el traslado.

Asimismo, es importante tener en consideración los siguientes puntos al momento de hacer el planeamiento:

- A diferencia de las oficinas en Lima, las transportadoras establecen ciertas rutas que siguen cada vez que van a efectuar un movimiento en las ciudades del interior del país, por lo que es importante que los analistas las tomen en cuenta para su planeamiento, de manera que se evite que se dupliquen los viajes. Para ello, un notable beneficio se daría si se tuviera un pronóstico más preciso de la demanda real de dinero, porque de esta forma podrían arrojar sus instrucciones considerando las necesidades reales de efectivo, para así no realizar movimientos innecesarios.
- Gran variación de la demanda durante los meses de campaña (demanda alta, muy por encima de lo normal debido a eventos especiales) en ciertas plazas, lo que origina que se tenga especial cuidado en las mismas en cuanto a las cantidades y denominaciones enviadas, puesto que en muchas ocasiones los excedentes han sido bastante considerables, dinero que finalmente ha tenido que regresar a la custodia de la transportadora, incrementando los gastos por movimientos poco eficientes.
- La programación del abastecimiento de los cajeros de la localidad siempre debe incluirse, tomando en cuenta la frecuencia de los mismos y la cantidad de efectivo requerido para cada uno de ellos. Adicionalmente, otro factor a considerar es el monto que reingresará a los saldos de la oficina proveniente de los remanentes de los cajeros abastecidos.
- Remesas solicitadas por los mismos clientes, especialmente las grandes empresas como las mineras, para quienes se debe tener un porcentaje destinado en el día a día.
- Optimizar la cantidad de compensaciones con otros bancos, de forma que se evite traslados a otras localidades que finalmente resultan innecesarios, lo cual se mejorará

con un sinceramiento de los requerimientos de las oficinas que permitan determinar por defecto cuáles son sus excedentes y así adelantar las gestiones que se deben realizar.

Las compensaciones entre oficinas y con otros bancos nos dan los siguientes beneficios:

- Como el flujo del efectivo se hará dentro de una misma provincia, los gastos del banco sólo serían con respecto al traslado dentro de la misma localidad, lo cual tiene tarifas más bajas.
- El tiempo de la recepción del dinero es mínimo, tan sólo de un día para compensaciones con otros bancos y de dos cuando se da entre oficinas.
- El compensar con otro banco evita también que las oficinas envíen el dinero a las bóvedas que se tienen alquiladas en las transportadoras, de manera que no se presente un mayor costo al correr el riesgo de tener más efectivo del necesario ni tampoco se incumpla con algunas regulaciones impuestas por el BCR en cuanto al efectivo que se debe tener en el sistema.

## 2.3 Indicadores de desempeño

Al observar, las limitaciones y consideraciones que se deben tener para el planeamiento de las oficinas en provincias, se han establecido los siguientes indicadores de desempeño, que ayuda a determinar si los analistas logran encontrar un balance entre todos los factores a considerar en el momento de programar:

### 2.3.1 Nivel de Eficiencia

Referido al ratio que resulta de la diferencia entre la cantidad de dinero, tanto en moneda nacional como extranjera, que se envía menos la que se recoge y el total de los movimientos. La información que proporciona este indicador ayuda a determinar si se tuvo la precisión de enviar o recoger sólo las cantidades necesarias en una misma semana, de manera que luego no se genere una doble transacción en la oficina. Es decir, lo que no debe suceder es que si se envió dinero a la oficina, en esa misma semana éste sea recogido.

La fórmula empleada para el cálculo de este indicador es la siguiente:

$$\text{Eficiencia} = \frac{E - R}{E + R}$$

Donde:

- E = cantidad de dinero enviada a la oficina (en moneda nacional o extranjera)
- R = cantidad de dinero que se recoge de la oficina (en moneda nacional o extranjera)

Este factor también es afectado por las gestiones que se realizan dentro de la misma oficina: cómo utilizan las denominaciones para pagarle a los clientes, si se le da mayor uso a los billetes de S/.20 o de S/.100, por ejemplo. Esto ya que pueden existir casos en que se envíe dinero debido al requerimiento de una denominación específica, pero se tuvo que recoger otra cantidad de una denominación diferente, lo que impacta también su indicador de gastos gracias al doble traslado realizado.

### 2.3.2 Saldo Meta

Las oficinas presentan una cantidad máxima de efectivo en soles que pueden tener en sus bóvedas a la que se le denomina saldo meta. Éste es determinado por factores como la demanda histórica y la coyuntura política - económica que se presenta en el país; como en el caso de las elecciones presidenciales, en las que se te tuvo que aplicar un plan de contingencia debido a la gran probabilidad que se tenía de retiros masivos por parte de los clientes; dicho plan incluyó el aumento del saldo manejado por las oficinas, elevando así la meta que se tenía.

Se debe tener en cuenta que este saldo meta es global; es decir, no discrimina las denominaciones que se manejan en la oficina. Por ello, es evaluado mes a mes, con el objetivo de revisar las razones en las que se podría estar cayendo en un riesgo al manejar mayor efectivo al permitido o, en casos excepcionales, analizar la alternativa de que este saldo meta sea elevado.

### 2.3.3 Gastos

Representan el pago que se debe hacer a las transportadoras por cada uno de los servicios que brinda al banco. Para efectos de los movimientos entre oficinas, éstos son los siguientes:

- **Traslado:** referido al pago que se debe hacer por la acción concreta de transportar el efectivo de un punto a otro.
- **Procesamiento:** actividad que incluye dos puntos importantes. El primero referido a separar el dinero apto del deteriorado, el cual no puede ser entregado a los clientes y que, por ende, debe ser descontado del total con el que se cuenta y el segundo que viene a ser una actividad complementaria, se refiere al recuento del dinero, lo cual nos dará el monto exacto para armar las remesas.
- **Custodia:** pago que se hace por mantener el dinero en las bóvedas de las transportadoras, lo cual no solo implica el espacio en sí, sino también la seguridad del mismo.

Para el caso puntual de las compensaciones, el valor del gasto en el que se incurre es dividido entre las oficinas participantes, debido a que ambas están obteniendo un beneficio producto de la gestión.

Es importante mencionar que la mejor medida es proporcionada por la relación de estos tres indicadores, ya que no sólo nos brindan una verdadera concepción de lo que ocurre globalmente con los canales que se están analizando, sino que también se puede determinar que también se vienen realizando las gestiones, lo cual se verá directamente en los niveles de eficiencia y gastos, pero, lo más importante, sin generar ningún tipo de riesgo, lo cual es determinado por el cumplimiento de saldo meta.

## CAPÍTULO 3. RECOPIACIÓN Y SELECCIÓN DE DATOS

Como parte inicial del proceso, se hará el análisis de los datos con los que se cuenta para la investigación, de manera que puedan ser seleccionados y tratados según lo requerido en el modelo.

La información a analizar es la data histórica de todo el año 2011, con el detalle mensual de cada una de las oficinas que será objeto de estudio.

### 3.1 Recopilación de datos

La información que se requiere para realizar el análisis de los datos es obtenida a través de una serie de variables que son las que se especifican a continuación.

#### a) Saldo Final

Se refiere a la cantidad de efectivo con la que se contaba al cierre de la oficina, luego de haber realizado todas las transacciones que se dieron en el día. El saldo final de un día representa el saldo inicial al día siguiente.

#### b) Consumo de Cajeros

Representa el efectivo destinado de las oficinas para abastecer sus cajeros internos durante el día. En la fecha en la que se hace el abastecimiento del cajero, se tiene tanto una salida como una entrada, ya que no sólo se resta el efectivo con el que se atenderá el cajero, sino que también reingresa a la oficina lo que quedó en el cajero de su carga anterior<sup>7</sup>.

#### c) Envíos / Recojos

Ambas variables están definidas de acuerdo al movimiento que se programa por parte de los analistas, quienes determinan que si se tienen excesos que no serán empleados deberá hacerse un recojo; mientras que si, por el contrario, la oficina requerirá dinero con el que no cuenta, lo que se hará es un envío.

---

<sup>7</sup> El sobrante que queda en un cajero de su abastecimiento anterior es conocido como remanente, término que se usará en lo sucesivo.

Es importante considerar que los dos tipos de movimientos están incluyendo el dinero que proviene o va hacia otras oficinas, a lo que se le conoce como compensación, y no sólo el que interactúa con la bóveda del banco. Esto debido a que, independientemente del origen o destino del efectivo, ya involucra un traslado en la oficina.

d) Consumo Cliente

Efectivo neto que resulta de las transacciones en las ventanillas por parte de los clientes. Éste puede resultar positivo en caso que los depósitos realizados hayan sido mayores que los retiros y negativo en caso se presente una situación inversa.

e) Saldo Meta

Cantidad máxima de efectivo que debe tener la oficina de manera que no ponga en riesgo la seguridad de la misma. Esta meta es definida para las dos denominaciones con las que se trabaja en la oficina: soles y dólares, lo que en suma nos da el límite operativo de la oficina. Dado la importancia de este valor, cada día se debe monitorear su cumplimiento, por lo que se incluye dentro del análisis que se realiza en el día a día para la toma de decisiones.

El flujo de efectivo en el canal de atención en análisis, considerando las variables antes descritas, se define bajo el siguiente esquema.



**Gráfico 11.** Entradas y salidas de efectivo en una oficina  
Elaboración propia

A partir de las variables descritas y del flujo del gráfico 11, se define la siguiente ecuación:

$$x = i - d$$

Donde:

- $x$  = saldo final en la oficina
- $i$  = efectivo que ingresa a la oficina por los depósitos de clientes y por el remanente de cajeros.
- $d$  = demanda de efectivo requerida para abastecer cajeros y cubrir los retiros de los clientes.

La demanda se define como el “consumo” de efectivo por parte de los clientes más la cantidad de efectivo con la que deben ser abastecidos los cajeros que presenta la oficina (representados por la variable  $d$ ).

Esta demanda, en una situación ideal, es cubierta por los ingresos que percibe la oficina por parte de los depósitos que efectúan los clientes y el remanente que se extrae de los cajeros (representados por la variable  $i$ ). No obstante, en la mayoría de los casos se da que esta cantidad de dinero supera lo que realmente necesita la oficina e incluso su saldo máximo; o que por el contrario, ésta cantidad no es suficiente y la oficina requiere dinero de otras fuentes.

Como resultado de las transacciones diarias que se dan en una oficina, se definen dos escenarios:

- Escenario 1

Si ( $i > d$ ) y ( $x > \text{Saldo Meta}$ ), entonces se envía el exceso de  $x$  con respecto al saldo meta a otra oficina (compensación) o a la transportadora (recojo).

- Escenario 2

Si ( $i < d$ ) se requiere que se le envíe dinero desde otra oficina o desde la transportadora (envío).

A raíz de esto, se obtiene otro criterio para clasificar a las oficinas, el cual se basa en determinar realmente el comportamiento diario de la oficina:

a) Oficinas Captadoras

Son aquellas que normalmente se comportan bajo el escenario 1. Es decir, el ingreso de dinero es lo suficiente para cubrir su demanda e incluso llega a ser necesario remesar un porcentaje, para así cumplir con los parámetros establecidos.

b) Oficinas Pagadoras

Son aquellas que se comportan bajo el escenario 2: su salida de dinero supera a lo que ingresa por depósitos de clientes y requieren que se les envíe efectivo para llegar a cumplir con sus necesidades. Este tipo de oficinas se encuentran predominantemente en Lima, por lo que para los análisis posteriores no se tendrá una de este tipo.

c) Oficinas Mixtas

Son aquellas que pueden requerir de efectivo un día, pero otro más bien necesitan que se evacúe el excedente que acumularon. En otras palabras, no tienen un comportamiento orientado hacia uno u otro flujo específico.

No obstante, se debe considerar que hay variables externas que pueden originar que excepcionalmente la oficina se comporte de manera distinta a lo normal, lo que dificulta, en ocasiones, las predicciones que se realizan.

### 3.2 Selección de datos

Dada la cantidad de información y la diversidad de la misma, se opta por escoger sólo una de las plazas para iniciar con el modelo, siendo esta la ciudad de Arequipa, ya que gracias al análisis realizado en el capítulo 2 es la que mejor se alinea a los objetivos de este proyecto: pronosticar la demanda de las oficinas con la mayor certeza posible de modo que sus saldos metas no se vean excedidos.

El departamento de Arequipa cuenta actualmente con 12 oficinas, 3 de las cuales son oficinas foráneas.

### 3.2.1 Nivel de Eficiencia

Actualmente se tiene 85% como meta para este indicador, lo que significa que se tiene un 15% como brecha para que una oficina pueda recibir y enviar dinero en una misma semana. Así, por lo que se observa en la Tabla 5 son las primeras cuatro oficinas las que se encuentran por debajo de este nivel.

No obstante, se debe tomar en cuenta que para oficinas como la de San Camilo, este indicador siempre va a mostrar niveles óptimos, ya que su comportamiento amerita sólo que se haga traslados de efectivo en un solo sentido: al ser una oficina netamente captadora por lo que siempre tendrá excedentes, sólo será necesario que se efectúen recojos, obteniendo un 100% de resultado en este indicador.

**Tabla 5.** Nivel de eficiencia por oficina para el 2011.

Oficina	Nivel de Eficiencia
Bustamante y Rivero	63.62%
Umacollo	64.41%
Arequipa	64.66%
La Merced	75.29%
La Negrita	86.14%
Mall Aventura Plaza Arequipa	87.28%
Parque Industrial	89.95%
Cayma	86.75%
Mollendo	98.52%
El Pedregal	99.37%
Camana	99.72%
San Camilo	100.00%

Fuente: La Empresa; elaboración propia

### 3.2.2 Saldo Meta

La suma de saldos metas que se maneja en las oficinas de Arequipa representa el 9.15% de total de cobertura que se tiene para todo el parque de oficinas de las provincias del país (exceptuando Lima).

Durante el año 2011, el exceso con respecto a esta cantidad máxima de efectivo que se podía tener en la oficina fue una constante en el tiempo, cerrando con 43% de exceso el total de oficinas. Los puntos máximos se dieron para la mayoría de los casos entre los meses de Mayo y Julio, mostrando la criticidad de este indicador.

**Tabla 6.** Porcentaje de participación en el saldo meta general del departamento.

Oficina	Participación en Saldo Meta
Arequipa	18.47%
Cayma	10.60%
La Merced	6.02%
La Negrita	8.43%
Parque Industrial	5.62%
San Camilo	5.22%
Umacollo	6.91%
Bustamante y Rivero	5.78%
Mall Aventura Plaza Arequipa	7.23%
Camana	11.24%
El Pedregal	6.43%
Mollendo	8.03%

Fuente: La Empresa; elaboración propia

Internamente en el departamento de Arequipa es la Sucursal la oficina que concentra la mayor participación en el saldo meta, lo cual significa una custodia aproximada de 2 millones de soles, la cual es seguida por Camana con 1.5 millones y por Cayma con 1.3 millones.

Tal y como se observa en la tabla 7, son las oficinas de Cayma, La Negrita y Umacollo las que cerraron con un exceso de más de 50%. Esto significa que en suma se tuvo un millón y medio de soles expuestos sólo considerando estas tres oficinas y que ante cualquier eventualidad hubiese significado una pérdida para el banco. En consecuencia, se muestra la gran relevancia y criticidad de este factor durante el análisis, tomando especial importancia las agencias que presentan el exceso.

**Tabla 7.** Cumplimiento del saldo meta en el año 2011.

Oficina	Cumplimiento de Saldo Meta
Arequipa	143.93%
Cayma	<b>178.73%</b>
Camana	146.34%
Mollendo	132.97%
La Negrita	<b>188.18%</b>
Parque Industrial	126.60%
Bustamante y Rivero	140.29%
Umacollo	<b>171.15%</b>
El Pedregal	103.56%
La Merced	130.99%
Mall Aventura Plaza Arequipa	138.50%
San Camilo	142.75%

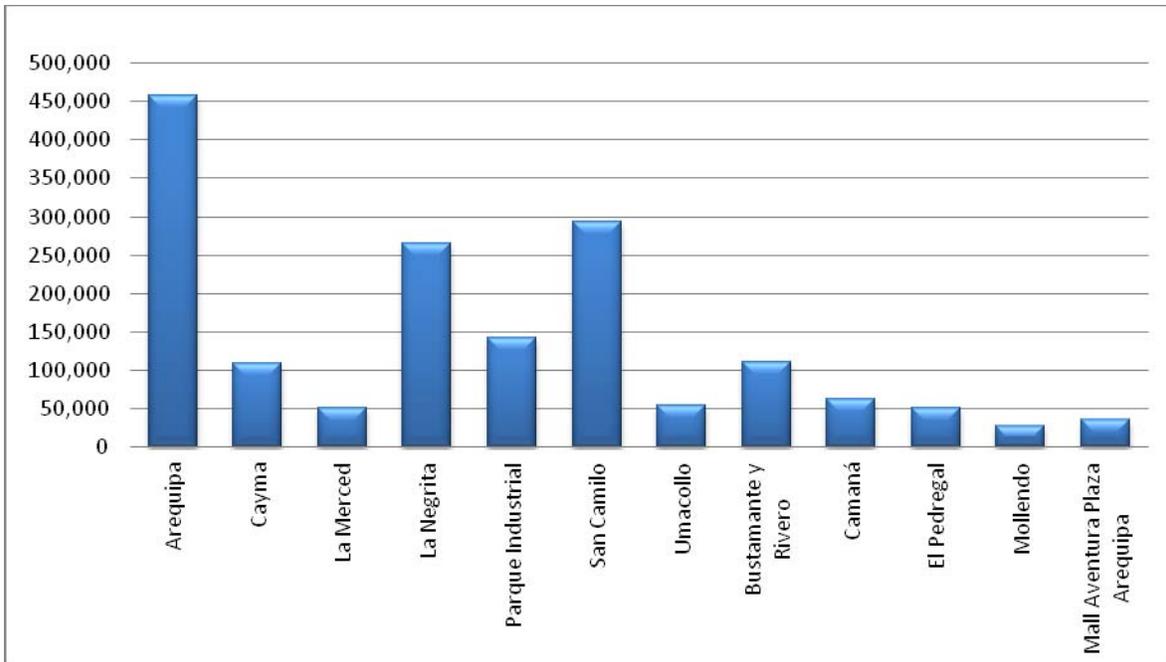
Fuente: La Empresa; elaboración propia

### 3.2.3 Gastos

En total la plaza de Arequipa registra gastos por aproximadamente 1.6 millones de soles, observándose una gran oportunidad de ahorro dentro de la misma, especialmente en 5 de sus oficinas que son las que concentran mayor participación.

Los gastos anuales por oficina son los que se muestran en el gráfico 12. En él se observa que es la Sucursal Arequipa la que evidentemente tiene los más altos gastos, alrededor de 500,000 soles anuales, esto dado su categoría de oficina principal, ya que de alguna manera al servir como central de acopio es la que asume costos por traslados adicionales.

En segundo lugar se encuentra la oficina San Camilo, cuyos gastos se encuentran cerca a los 300,000 soles anuales y que principalmente están determinados por el volumen de recojos que registra mensualmente.



**Gráfico 12.** Gastos anuales por oficina en la provincia de Arequipa  
Elaboración propia

### 3.3 Análisis de oficinas

A continuación se muestra una matriz para la selección de alternativas, la cual nos ayudará a determinar las oficinas bajo las cuales se correrá el modelo inicialmente.

Los pesos de cada indicador fueron definidos en base al grado de importancia de los mismos al momento de hacer el análisis para la toma de decisiones.

De esta manera, para el indicador del exceso de saldo meta se asignó un peso de 50% mostrándose así la predominancia de eliminar los riesgos en cualquier situación. En segundo lugar, con un peso de 35% se encuentra el exceso del presupuesto asignado a las oficinas, ya que si bien, se busca minimizar el riesgo, esto debe ir de la mano con el manejo adecuado de los gastos. Finalmente, la variación del nivel de eficiencia se encuentra con un 15%, dado que ya se encuentra íntimamente relacionado con el gasto.

**Tabla 8.** Ponderación de resultados de indicadores para el 2011

Oficina / Peso	Exceso de Saldo Meta 0.5	Exceso de Presupuesto 0.35	Variación de Nivel de Eficiencia 0.15	Resultado
Cayma	78.73%	15.67%	13.25%	<b>46.84%</b>
La Negrita	88.18%		13.86%	<b>46.17%</b>
Umacollo	71.15%		35.59%	<b>40.91%</b>
Arequipa	43.93%		35.34%	<b>27.27%</b>
Bustamante y Rivero	40.29%		36.38%	<b>25.60%</b>
Camana	46.34%		0.28%	<b>23.21%</b>
San Camilo	42.75%		0.00%	<b>21.38%</b>
Mall Aventura Plaza Arequipa	38.50%		12.72%	<b>21.16%</b>
Parque Industrial	26.60%	13.81%	10.05%	<b>19.64%</b>
La Merced	30.99%		24.71%	<b>19.20%</b>
Mollendo	32.97%		1.48%	<b>16.71%</b>
El Pedregal	3.56%	11.75%	0.63%	<b>5.98%</b>

Elaboración propia

Aunado a esto, se debe tomar en cuenta el comportamiento de la oficina, por lo que si bien, la oficina San Camilo no es una de las que obtiene un porcentaje alto de criticidad, se optó por que sea también una con las que se inicie el análisis, puesto que su movimiento diario difiere al de todas las demás: es una oficina netamente captadora.

### 3.3.1 Oficina San Camilo

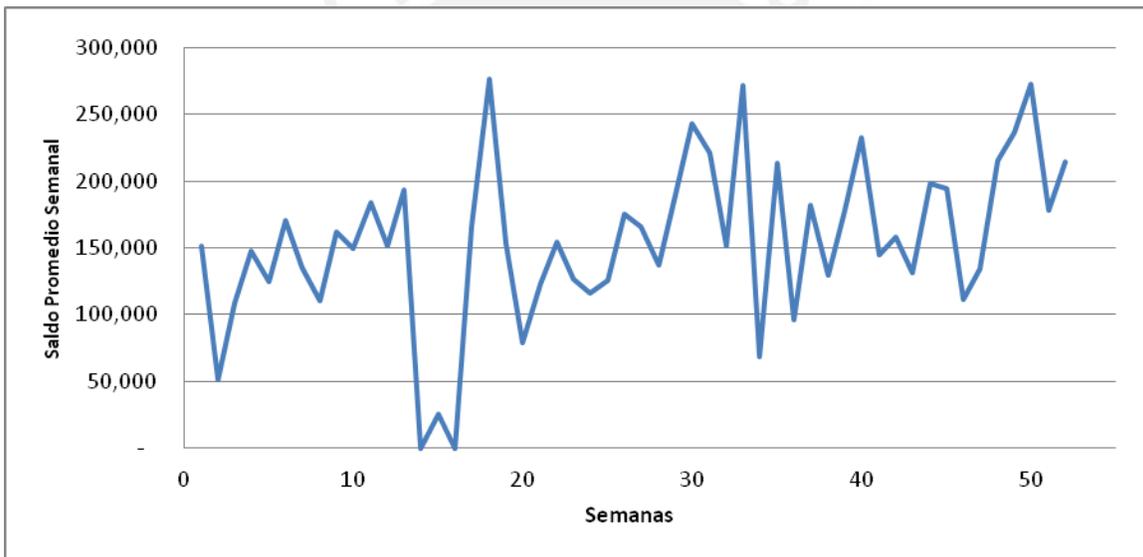
Oficina clasificada como netamente captadora, lo que se demuestra ya que durante el año 2011 todos sus traslados de efectivo fueron recojos (salidas de dinero de la oficina), funcionando además como proveedora de efectivo del resto de oficinas de la provincia.

No obstante, cabe resaltar que de la muestra con la que se cuenta (302 datos correspondientes al año 2011) se tiene un 7% en la que oficina adoptó un comportamiento distinto, ya que más bien lo que ingresó por ventanilla no fue lo suficiente para cubrir la demanda de clientes que llegaron a realizar retiros de la misma. A pesar de ello, en esos

casos puntuales, la oficina aún permanecía excedida, debido al porcentaje de efectivo que se mantenía acumulado de fechas anteriores, por lo que no fue necesario que se le realice envío de dinero, ya que finalmente aún podía autoabastecerse.

### 3.3.1.1 Análisis de la oficina

Como parte del pre-procesamiento de los datos, de acuerdo a Han & Kamber (2006) se tomó como límites los cuartiles 1 y 3 de la demanda real de la oficina, ya que son éstos los que nos proporcionan los datos que se aproximan más al comportamiento normal. Cabe resaltar que la demanda real fue definida como el consumo requerido por el cajero más lo requerido por los clientes, pero sólo en aquellos casos en que el saldo haya sido negativo, lo que indica que los ingresos por la ventanillas de la oficinas no pudieron cubrir estas salidas de efectivo y se requirió de otras fuentes proveedoras.



**Gráfico 13.** Demanda promedio semanal de soles en la Oficina San Camilo durante 2011  
Elaboración propia

Para la oficina San Camilo la demanda promedio semanal oscila en S/.155,000, según lo que se muestra en el gráfico 12. Es decir, diariamente se requiere de este efectivo adicional para satisfacer la necesidad de la oficina, lo cual está constituido principalmente por lo que se requiere para abastecer los cajeros.

De ello, como se observa en el gráfico 13, se obtiene que el 25% de los datos salen de estos límites y dado que este porcentaje es significativo, no puede ser eliminado,

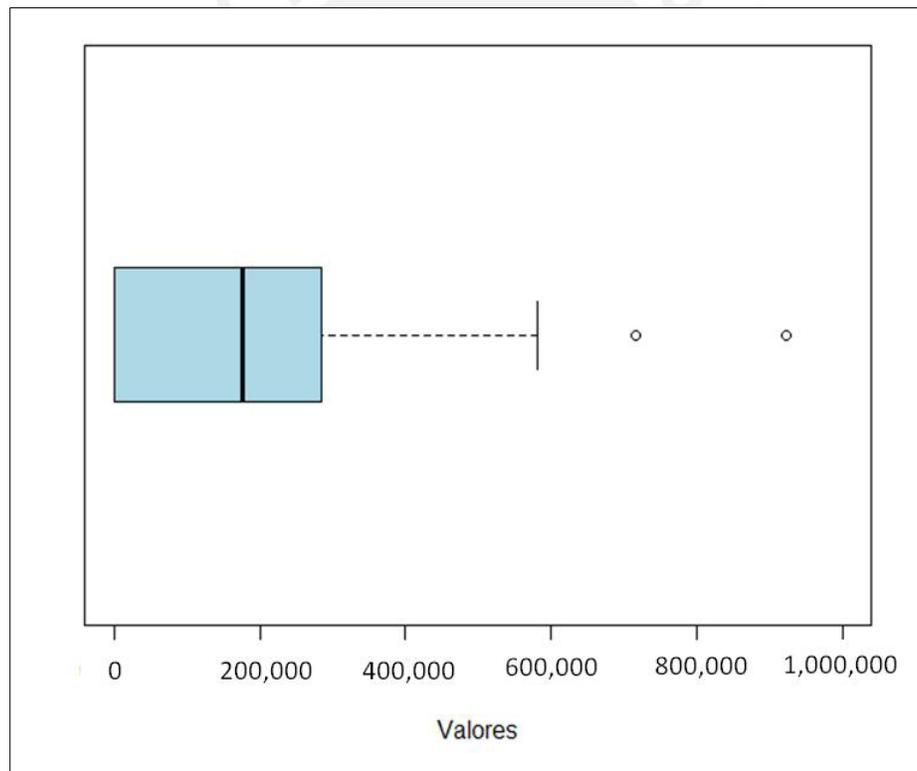
considerándolo dentro del análisis, de modo que se puedan identificar las razones que están originando dicha desviación.

Asimismo, se tienen dos puntos que son tomados como *outliers*, ya que salen del rango considerado como permitido. Éste es definido a partir del rango intercuartil, el cual es la diferencia entre el tercer y primer cuartil, y que proporciona el intervalo cubierto por la mitad de los datos.

La fórmula para determinar el rango intercuartil se muestra a continuación:

$$\text{Rango Intercuartil} = \text{RI} = q_3 - q_1$$

$$\text{Whiskers} = 1.5 * \text{RI}$$

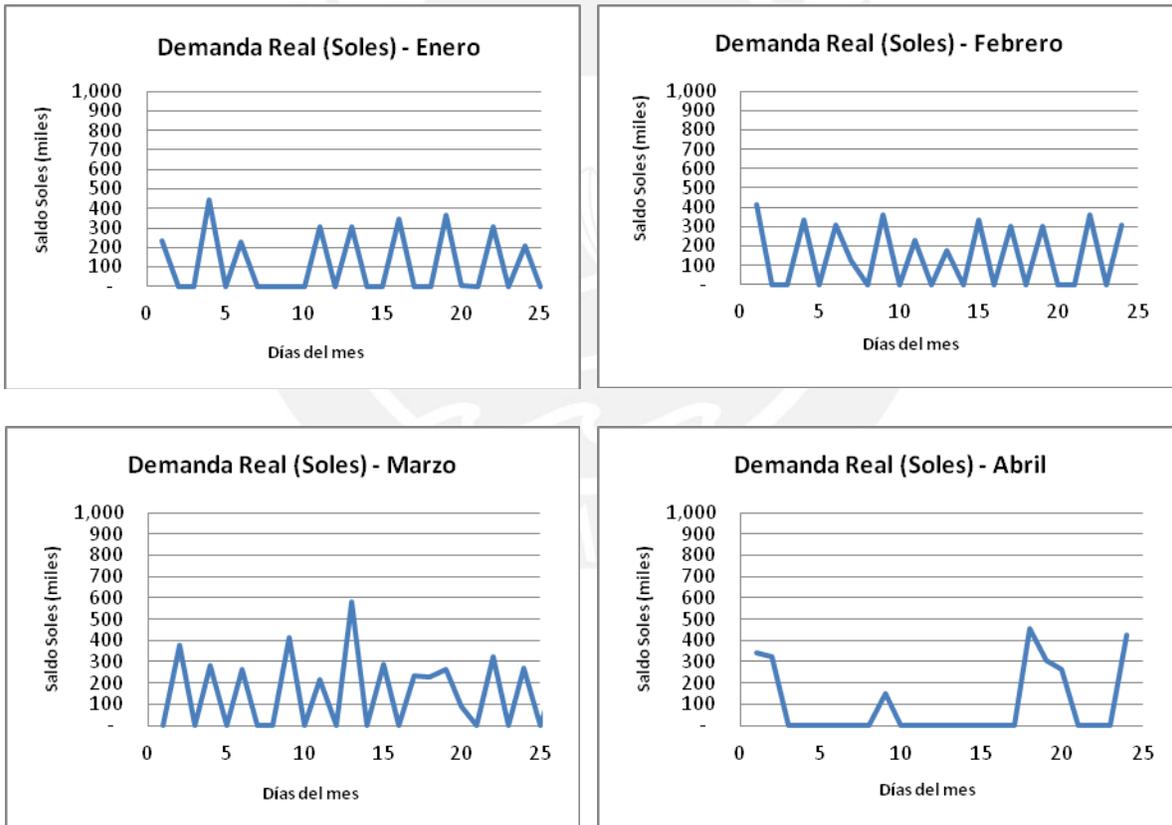


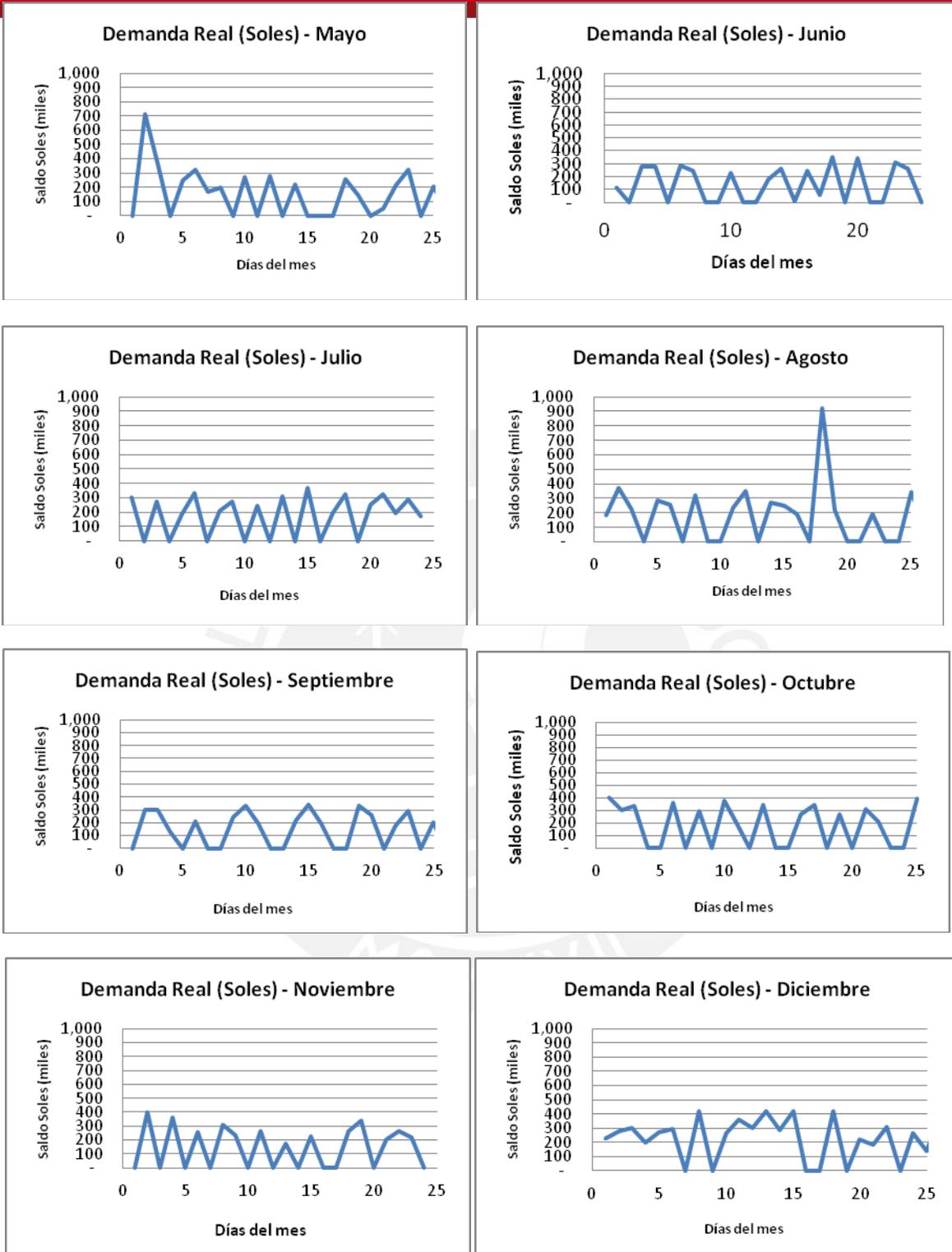
**Gráfico 14.** Diagrama de caja para los datos de la oficina San Camilo  
Elaboración propia

Si bien el porcentaje de datos fuera de los cuartiles 1 y 3 es alto y no puede ser eliminado, los *outliers* sí deberán dejar de considerarse, ya que generarán una distorsión significativa en los resultados.

Luego de hacer el análisis a detalle, se concluyó que estos datos corresponden en un 90% a días en los que se tuvo que abastecer cajeros al cierre de la semana (viernes o sábado) y luego a inicios de la misma (lunes o martes), mostrándose así el nivel de significancia que tiene esta variable en el comportamiento que pueda presentar la oficina.

Este comportamiento es claramente visible al realizar un análisis más minucioso, de tal manera que se muestre los picos y valles que se van dando en el día en el día, para así tener una mejor lectura de la variabilidad que se va dando en el tiempo y el impacto de los principales elementos que afectan dicho comportamiento.





**Gráfico 15.** Demanda diaria en la Oficina San Camilo durante cada mes del 2011

Fuente: La Empresa; elaboración propia

De los gráficos observados anteriormente, se puede concluir que el comportamiento de la demanda se mantiene bajo la misma tendencia a lo largo de los días del mes, sufriendo ciertas variaciones en cuanto a su requerimiento promedio. No obstante, cabe resaltar que es el mes de agosto donde se tiene el pico más alto durante todo el año; mientras que en el otro extremo se encuentra el mes de abril en el que, salvo casos puntuales, se presenta una demanda de cero, lo cual se traduce en que se dio una correcta rotación del efectivo en la oficina, de modo que pudo autoabastecerse, eliminando la necesidad de transporte del efectivo.

### 3.3.2 Oficina Cayma

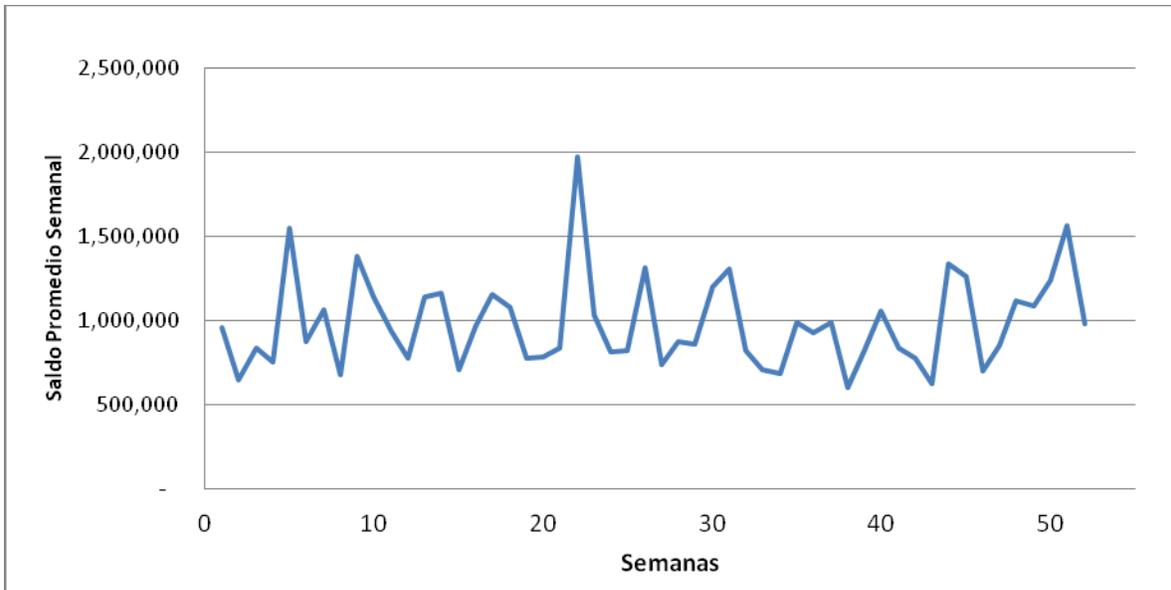
Oficina clasificada como mixta, puesto que presenta un comportamiento variable a lo largo del tiempo, lo cual nos lleva a que puede pasar un día de ser una oficina pagadora que tiene una alta salida de efectivo a ser una oficina captadora en la que más bien el ingreso de dinero es bastante más fuerte.

Durante el 2011, el 66% de los días se comportó como una oficina pagadora, mientras que el 33% fue más bien captadora. Dado esto, este tipo de oficinas en general presentan dos tipos de traslados: envíos, para cuando se sabe que la demanda se incrementará, por lo que los saldos manejados no serán suficientes, y recojos, cuando por el contrario es necesario la disminución de elevadas cantidades de dinero.

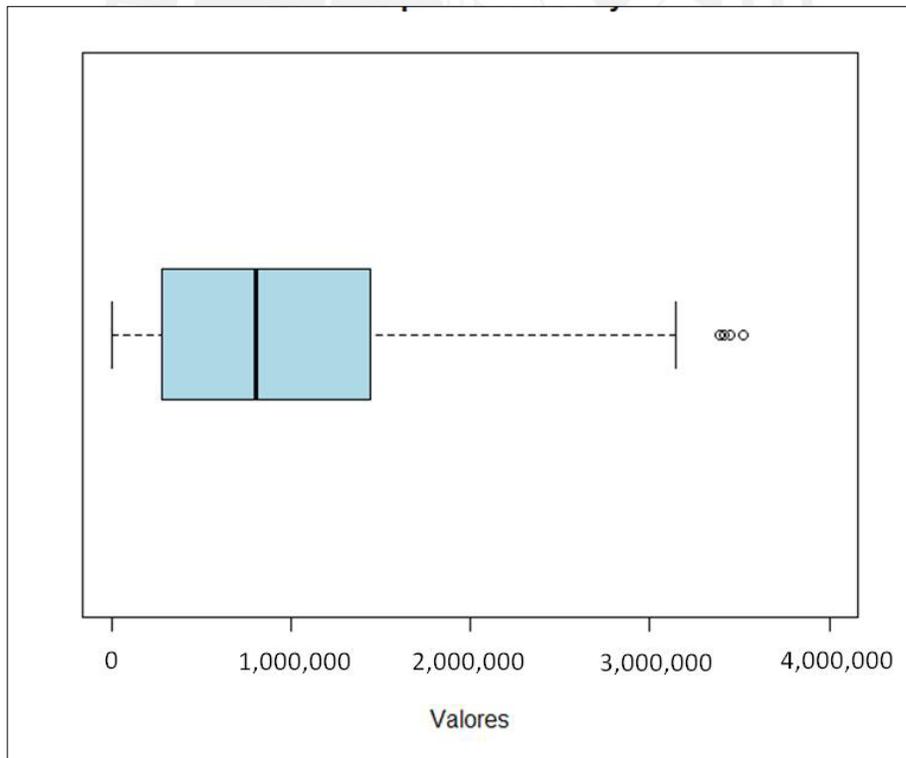
#### 3.3.2.1 Análisis de la oficina

Al igual que con la oficina de San Camilo, al realizar la segmentación con los cuartiles 1 y 3, obtenemos que el 51% de los datos se encuentran fuera de ellos, lo cual se puede observar claramente en los gráficos 15 y 16, donde se percibe la dispersión existente.

Adicionalmente, de acuerdo al gráfico 15 se tiene que en promedio esta oficina tiene una demanda promedio semanal de S/.1,000,000, llegando incluso a puntos atípicos que duplican dicho monto y que obedecen a comportamiento específicos que se detallarán posteriormente.



**Gráfico 16.** Demanda promedio semanal de soles en la Oficina Cayma durante 2011  
Elaboración propia



**Gráfico 17.** Diagrama de caja para los datos de la oficina Cayma  
Elaboración propia

En esta oficina mixta tomada como muestra se tiene 5 puntos como outliers, los cuales no serán considerados dentro de la data disponible para la ejecución del modelo. Por otro lado, dado que el porcentaje de datos fuera de los cuartiles 1 y 3 es alto, se hizo un análisis minucioso de ellos, encontrándose lo siguiente:

a) Demanda menor a cuartil 1: el 50% del total de datos extraños corresponden a este caso, dividiéndose de la siguiente forma,

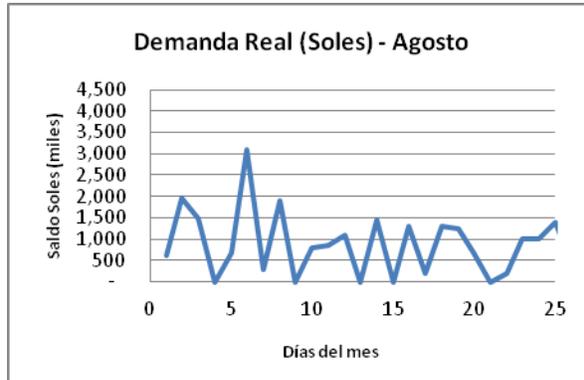
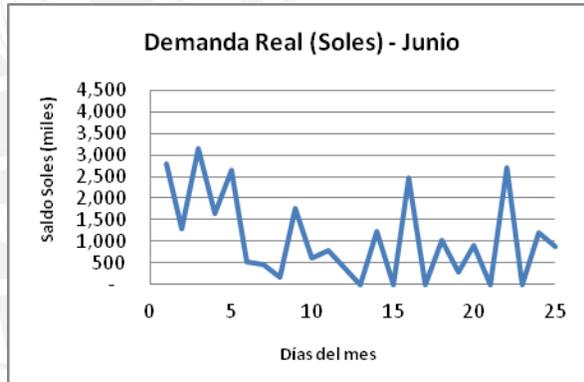
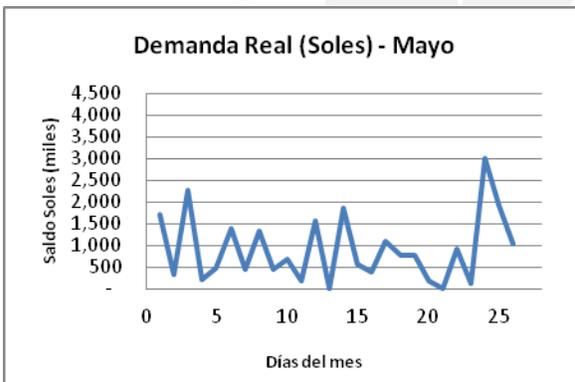
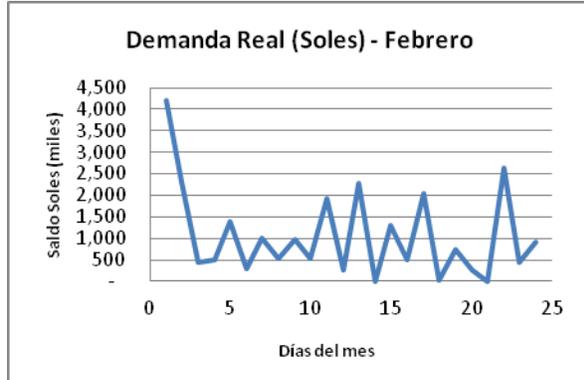
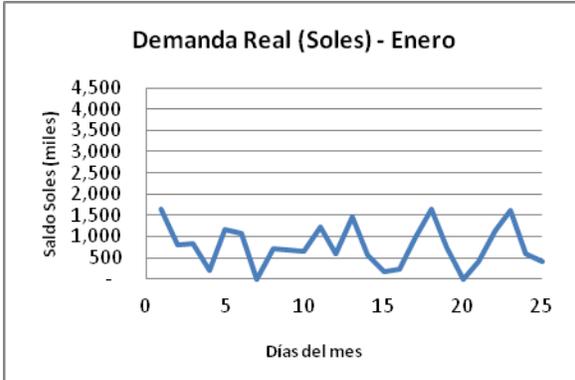
- 35 días no hubo demanda; es decir, la oficina se abasteció sola con sus ingresos propios, por lo que el valor para este caso es cero.
- 35 días hubo requerimiento sólo para un cajero, que representa en promedio una cantidad de 306,000 nuevos soles. Monto que es mínimo en comparación con lo que mueve diariamente una oficina.
- 5 días hubo requerimientos debido a necesidades de clientes (pagos por ventanillas de atención al cliente).

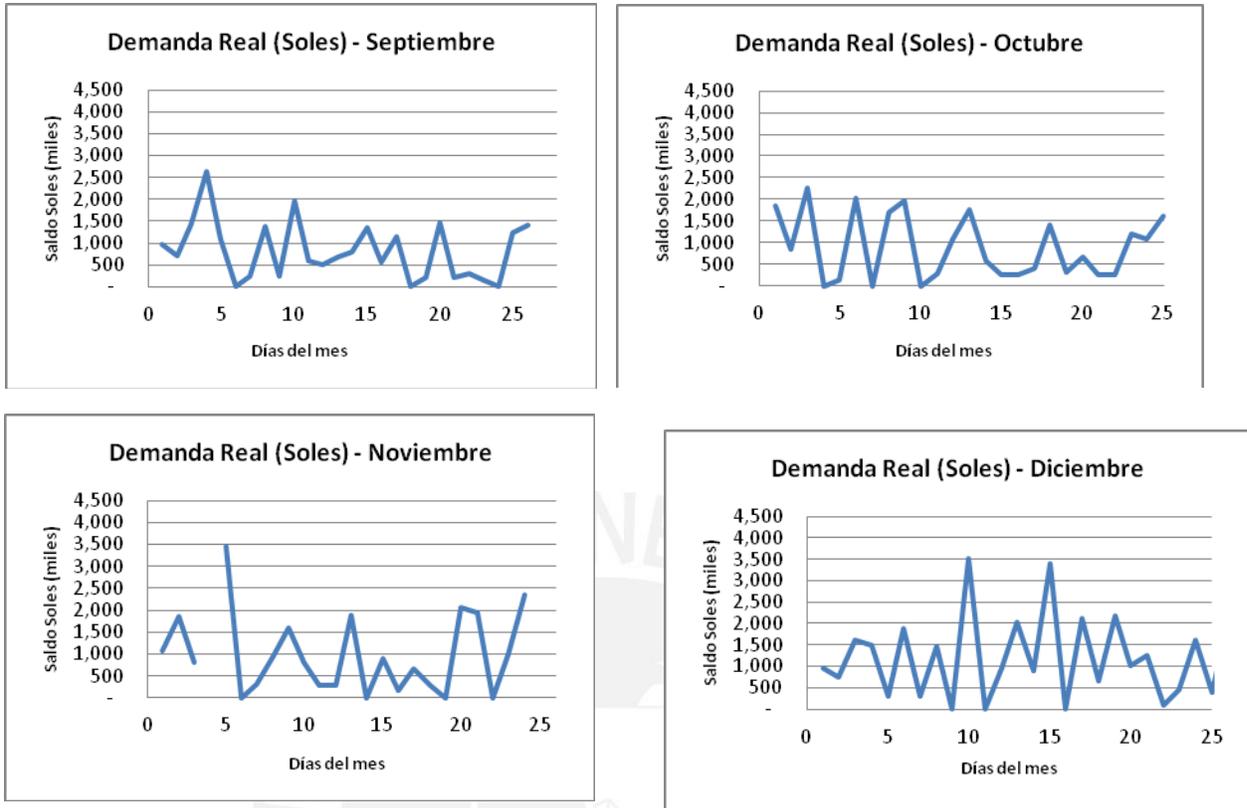
b) Demanda mayor a cuartil 3: se segmentó también considerando los puntos mostrados a continuación:

- 9 días corresponden únicamente al requerimiento de cajeros, que va desde el abastecimiento de 3 a 7 cajeros.
- 42 días corresponden al requerimiento de clientes y cajeros, pero donde el factor predominante es éste último.
- 24 días corresponden al requerimiento también de ambas variables, pero con predominio de los clientes, dándose todos estos casos recién a partir del mes de Agosto y de forma creciente mes a mes.

Al igual que la Oficina San Camilo, el análisis a detalle de cada día del año permite concluir que la demanda para este caso es mucho mayor, lo cual se alinea al tipo de comportamiento que se da para el tipo de oficinas mixtas.

Durante los meses de junio y diciembre es cuando se presenta mayor demanda promedio. No obstante, el pico más alto se da en el primer día del mes de Febrero, convirtiéndose éste en el tercer mes con mayores requerimientos. Caso contrario sucede en enero y septiembre los cuales son meses de menor demanda debido a los fuertes egresos que se da en los meses que los preceden. El detalle se puede observar en el gráfico 17.





**Gráfico 18.** Demanda diaria en la Oficina Cayma durante cada mes del 2011  
Fuente: La Empresa. Elaboración propia

A raíz del análisis realizado se pone en evidencia la gran variabilidad que existe en la demanda de efectivo, y que muestra la necesidad de crear un método sencillo y estandarizado que permita obtener los pronósticos con una mayor precisión y confiabilidad a fin de mitigar los riesgos y minimizar las ineficiencias en cuanto al manejo del dinero de una oficina bancaria.

## CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL MODELO Y RESULTADOS

Con la selección de datos previamente realizada, se empezará a construir el modelo, considerando en primera instancia la definición de variables, las cuales son a quienes se asignarán los pesos en la red para poder obtener la óptima. De este modo, luego de terminar con las fases de entrenamiento y prueba, que son las que inician la formación de la red, se procederá a comparar con los datos reales que se poseen a fin de determinar si se alcanzó el resultado esperado.

### 4.1 Variables

De acuerdo al análisis realizado en el capítulo anterior, se han identificado las siguientes variables que son las que afectan principalmente el comportamiento de la demanda de la oficina.

#### a) Fecha

Fecha bajo el formato del 1 al 30 ó 31. Esta variable es relevante en el sentido que días próximos a quincena o fin de mes presentan picos en la cantidad de retiros efectuados por los clientes en ventanilla, debido a que se ejecuta el pago por parte de las empresas. Así, se tiene que en dichos días se realizan los envíos a las oficinas que lo requieran, a aquellas que se sabe que el dinero circulante no les será suficiente para abastecerse; mientras que los días posteriores, dado en la mayoría de los casos por un mal manejo en el efectivo enviado, se tiende a recoger el dinero que no fue empleado.

Finalmente, los días cercanos al fin de semana, el incremento también es considerable, puesto que se debe tomar en cuenta que la oficina solo atiende hasta el día sábado al mediodía, por lo que los clientes tienden a acercarse en mayor número en estas fechas.

#### b) Día de la semana

Se refiere específicamente a los días bajo el formato de lunes a domingo. Para este caso se muestra una clara tendencia en los días viernes y sábado se tenga fuertes salidas de dinero, pauta marcada especialmente por el abastecimiento de cajeros.

Asimismo, el día lunes se da un comportamiento similar, mientras que los 3 días restantes esto es considerablemente menor.

c) Mes del año

Dependiendo del mes del año, la oficina presenta distintos comportamientos, puesto que se presentan meses de alta demanda en los que se requiere de mayor efectivo debido a festividades como Fiestas Patrias o Navidad. Por otro lado, los meses posteriores tienen un efecto contrario, ya que lo que sucede en ese caso es que empieza a retornar el dinero que había sido enviado, en especial cuando se generó un sobre stock, por lo que lo que se deben programar los recojos, aumentando considerablemente las salidas de efectivo.

En la Tabla 9 se describe el tipo de demanda que se presenta cada mes, lo cual es ya conocido por los analistas de oficinas y es establecido en base a las premisas que ellos manejan. Esta clasificación es actualmente manejada sólo de forma subjetiva, por lo que uno de los objetivos de este proyecto es buscar mantener un conocimiento histórico de ello, para así mantenerlo en el tiempo.

**Tabla 9.** Tipo de demanda cada mes a mes según sus movimientos

MES	TIPO DE DEMANDA
Enero	Demanda Baja. Retorno de efectivo a las bóvedas si las proyecciones hechas para Diciembre no fueron las correctas.
Febrero	Demanda Normal
Marzo	Demanda Alta. Se da el pago de utilidades, lo cual, dependiendo del giro industrial de la zona, eleva considerablemente los montos requeridos. Eventualmente, dependiendo del año, se ve afectada por los feriados de Semana Santa
Abril	Demanda Normal
Mayo	Demanda Normal
Junio	Demanda Media. Se empieza a preparar a las oficinas para el gran incremento del mes siguiente.
Julio	Demanda muy Alta. Mucha mayor concurrencia de clientes a ventanilla por fiestas. Requerimientos mayores para el abastecimiento de cajeros
Agosto	Demanda Baja. Retorno de efectivo a las bóvedas si las proyecciones hechas para Diciembre no fueron las correctas
Septiembre	Demanda Normal
Octubre	Demanda Normal
Noviembre	Demanda Normal
Diciembre	Demanda muy Alta. Mucha mayor concurrencia de clientes a ventanilla por fiestas. Requerimientos mayores para el abastecimiento de cajeros

Elaboración propia

#### d) Montos de efectivo para el abastecimiento de los cajeros

Variable directamente proporcional a la cantidad de cajeros a abastecer y que es probablemente la más significativa debido a que es constante en el tiempo (se presenta todas las semanas en un número de 2 a 3 veces) y además es el “cliente” que demanda mayor cantidad de efectivo en la oficina.

Las ventajas que se tiene sobre esta variable es que de alguna manera también se tienen ya planificados los montos de efectivo que se requerirán para los cajeros y las fechas en que estos se darán, por lo que es de suma importancia que este parámetro se encuentre controlado.

Es a través de la interacción de estas cuatro variables que se logra determinar cuándo es que la oficina tendrá mayor o menor requerimiento de efectivo, tal es así que, por ejemplo, se sabe que si el 15 de julio cae viernes no es lo mismo que si cae miércoles, ya que al ser quincena, fin de semana y de un mes de demanda muy alta, las salidas de efectivo serán bastante mayores.

Por ello, cada una de estas variables de forma independiente es importante, pero sobre todo es determinante el resultado que se tiene de su interacción.

## 4.2 Proceso para el modelado

Como se había mencionado, el software a emplear para realizar el modelado de la red neuronal es *NeuralTools* 5.7, el cual presenta las siguientes características:

- Brinda la posibilidad de optar por dos tipos redes:
  - ✓ Redes Neuronales de Regresión Generalizada y Redes Neuronales Probabilísticas, las cuales se encuentran estrechamente relacionadas, diferenciándose únicamente en que las primeras sirven para predicciones numéricas, mientras que las segundas son para predicciones de clasificación.
  - ✓ Redes de Perceptrón Multicapa, caracterizadas por el aprendizaje hacia adelante, teniendo la posibilidad de escoger el número de capas ocultas y el número de neuronas de éstas. *NeuralTools* posee en este caso una opción para realizar pruebas de modo que se obtenga la cantidad ideal de cada una de ellas.

Considerando que para fines de este proyecto se aplicarán las redes de Perceptrón Multicapa, se procede a detallar las características de acuerdo a ello:

- Emplea el aprendizaje supervisado, es decir, requiere tanto de una serie de datos de entrada y de los valores esperados para realizar el entrenamiento y las pruebas pertinentes para encontrar la red que mejor se ajuste al caso.
- Usa la función tangente hiperbólica como función de activación en las neuronas de la capa oculta: los valores de prueba oscilaran entre -1 y 1.

A partir de estos parámetros, se siguen los pasos descritos a continuación para obtener la mejor red:

a) Entrenamiento

El objetivo es encontrar los pesos que permitan que la red genere respuestas correctas cuando se le presente nuevos casos. Inicialmente, se asignan valores aleatorios, los cuales se irán ajustando posteriormente de acuerdo al algoritmo de entrenamiento, el cual se basa en la medida de error obtenida de pruebas anteriores para ir haciendo los ajustes necesarios.

b) Prueba

Ya con el entrenamiento y considerando un porcentaje indicado por el usuario, se hace la predicción de ciertas instancias, las cuales son diferentes a las que se usaron para realizar el entrenamiento. De esta forma, se tienen valores que se pueden ir comparando con los reales, calculando indicadores como el error cuadrático medio que permitirán saber que tan exacta está siendo la red.

c) Predicción

Finalmente, una vez que los indicadores son los adecuados y los que se requieren para el trabajo que se viene realizando, se procede a hacer la predicción de aquellos datos con los que aún no se cuenta, teniendo la certeza que se ajustarán a las necesidades del caso.

### 4.3 Modelo

#### 4.3.1 Modelo para oficina mixta

Con los datos históricos de todo el año 2011 se procedió a hacer el entrenamiento y prueba para el caso de la oficina Cayma.

Así, al realizar la corrida con todos los datos disponibles, los resultados obtenidos no arrojaban una buena aproximación, ya que, como se tiene en la tabla 10, los errores eran sumamente altos. Incluso al hacer las pruebas con la mejor red de esta corrida inicial (con sólo una capa oculta con 5 nodos), el porcentaje de error promedio llegaba a 19%.

**Tabla 10.** Error RMS para cada tipo de red durante la primera muestra para una oficina mixta

Tipo de Red	Error RMS
Predicción lineal	245,524.25
GRNN	484,483.56
MLFN 2 nodos	224,323.71
MLFN 3 nodos	294,288.12
MLFN 4 nodos	299,746.45
MLFN 5 nodos	176,506.90
MLFN 6 nodos	307,163.23

Elaboración propia

Por ello, como segunda opción, se optó por tomar el percentil 90; es decir, todos aquellos valores que estaban por encima de 2,026,382.40 no serían considerados, quedándonos sólo con los menores a ese límite, los cuales en conjunto representan el 90% de los datos. Gracias a esto, los días en los que la demanda tuvo un incremento desproporcionado en comparación con los demás, tal y como sucedió los primeros días de febrero y mayormente en los meses de marzo, julio y diciembre, fueron eliminados de modo que a través de la predicción se tengan datos suavizados.

El objetivo durante la búsqueda de la mejor red es obtener aquella que ofrezca el menor error cuadrático medio, la cual será finalmente la que se ajuste más al caso en estudio. Para ello, ya considerando el percentil 90, se hizo uso de la herramienta que posee el software a través de la cual se hacen pruebas sucesivas con varios tipos de red y en base a sus resultados proceder a hacer la elección.

**Tabla 11.** Error RMS para cada tipo de red durante la segunda muestra en una oficina mixta

Tipo de Red	Error RMS
Predicción lineal	183,012.94
GRNN	97,551.72
MLFN 2 nodos	123,397.17
MLFN 3 nodos	47,148.19
MLFN 4 nodos	156,613.57
MLFN 5 nodos	256,021.72
MLFN 6 nodos	218,473.71

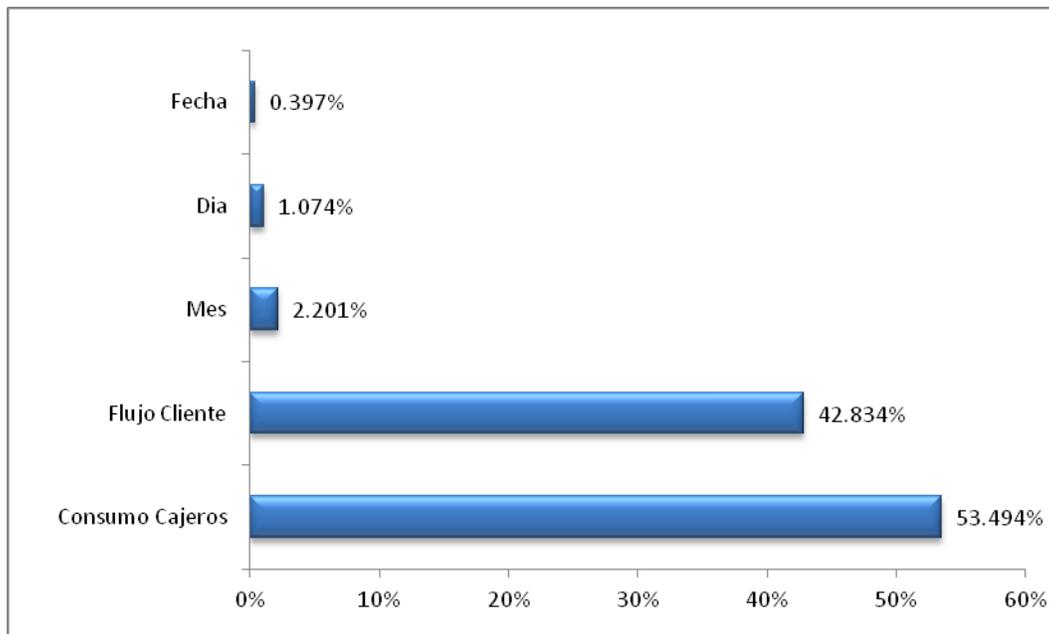
Elaboración propia

En la tabla 11 se tiene el detalle de cada una de las redes que fueron probadas durante este entrenamiento, las cuales presentan una notable diferencia con las obtenidas en la corrida anterior, manejándose errores mucho menores.

Se observa que la red con cinco nodos en su capa oculta es la que menos se ajusta a los datos ingresados, ya que es la que tiene el mayor error cuadrático medio. En cambio, la red con tres neuronas nos ofrece el menor error, por lo que es la que finalmente se escoge para aplicar al caso.

Considerando esto, en el gráfico 18 se muestra el impacto que tiene cada una de las variables en el modelo, observándose que, para este caso, es el Consumo de Cajeros lo que abarca más del 50% del peso, lo cual era de alguna manera previsible ante los grandes requerimientos que se mostraban: la demanda estaba determinada mayormente por esta necesidad de dinero debido a que incluso hay casos en los que se requiere efectivo para abastecer siete cajeros.

Para el caso de las variables de fecha, día y mes, si bien no se muestra mayor significancia individual, se debe tomar en cuenta que su impacto ya se ve de alguna manera reflejado en las dos variables principales, cuyo comportamiento también está determinado directamente por estos tres parámetros.

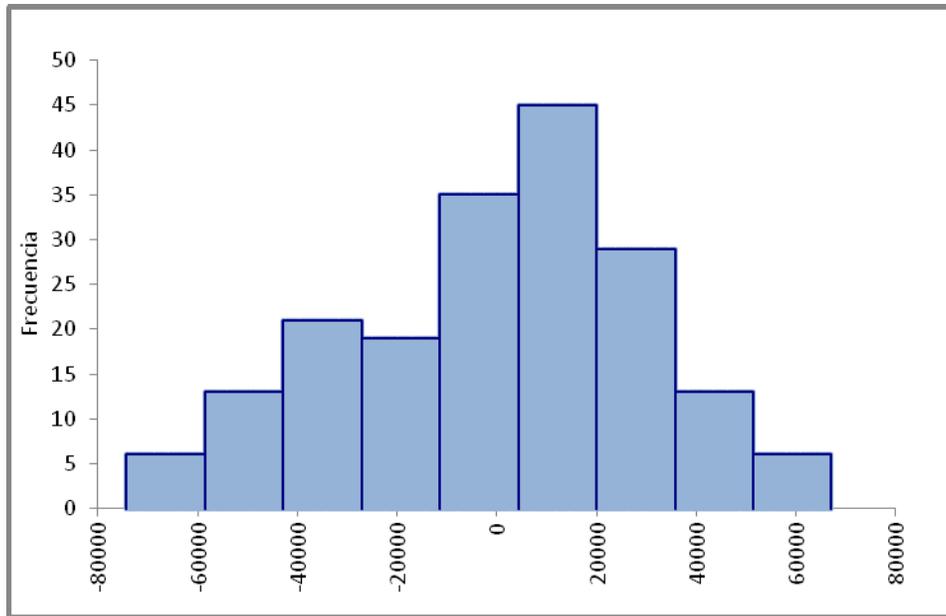


**Gráfico 19.** Impacto relativo de las Variables en una oficina mixta  
Elaboración propia

Con la ayuda de la herramienta que ofrece el *software* empleado, se pudo realizar el entrenamiento y prueba de la red en un solo paso, de manera que se obtengan ya algunos resultados iniciales tentativos.

- Entrenamiento

En esta fase se puede obtener una conclusión anticipada puesto que los residuales se concentran en el intervalo de  $\pm 200,000$ , por lo que se espera que el porcentaje de error no sea significativo: los valores predcidos están siendo bastante próximos a los reales y su magnitud es un porcentaje mínimo en comparación con los volúmenes manejados.



**Gráfico 20.** Histograma de residuales durante el entrenamiento para una oficina mixta  
Elaboración propia

- Prueba

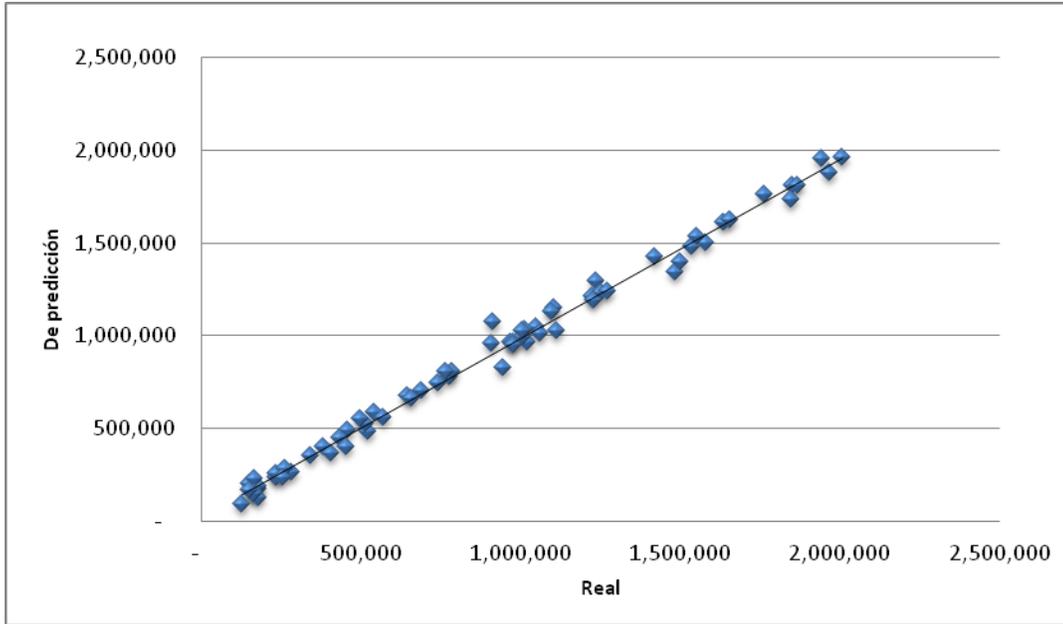
Como resultado de la prueba, luego de hacer la simulación por cada una de las opciones disponibles para seleccionar la red ideal y tras evaluar el error obtenido, se obtuvo que la red que mejor se ajusta al caso es la de tres nodos. Es decir, la red tendrá, además de la capa de entrada y la capa de salida, una capa oculta con tres neuronas.

**Tabla 12.** Parámetros de la mejor red para una oficina mixta

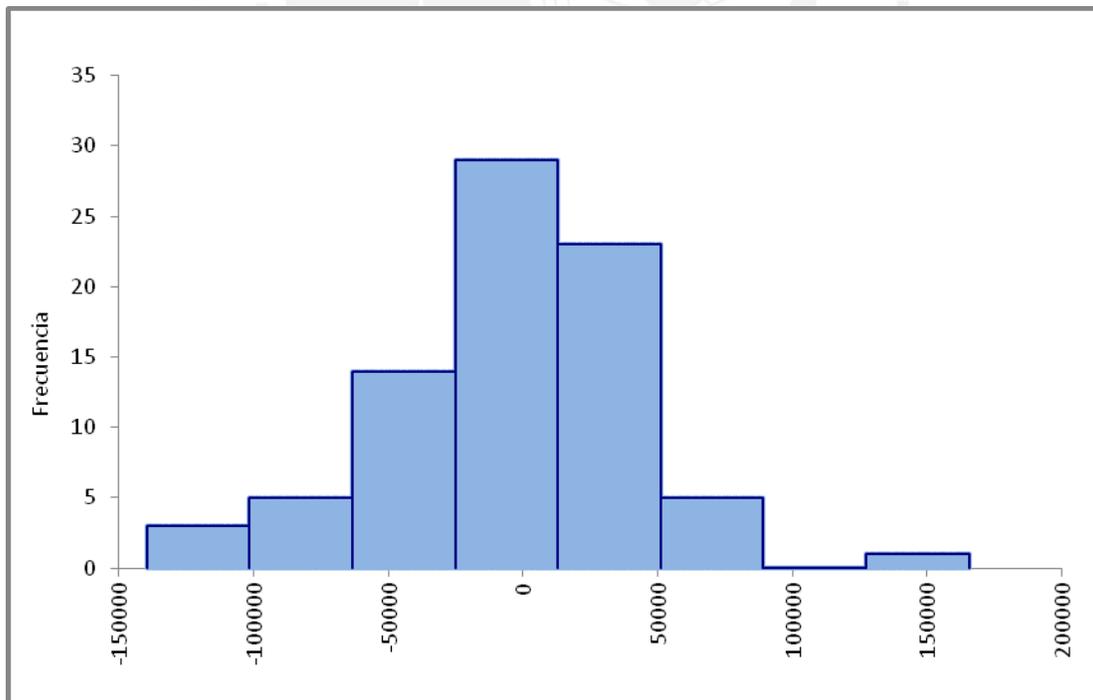
PARÁMETRO	RESULTADO
Mejor Red	MLFN (3 nodos)
Error cuadrático medio	47,148.19
% de error promedio en la prueba	6,36%

Elaboración propia

La dispersión entre los valores reales y los de la predicción durante esta etapa se muestra en el gráfico 20, teniendo que el error promedio está siendo mínimo, por lo que se puede decir que la red se ajusta al problema planteado y, por ende, es útil para hacer la predicción de los valores desconocidos.



**Gráfico 21.** Dispersión entre los valores de predicción y los valores reales durante la fase de prueba para una oficina mixta  
Elaboración propia



**Gráfico 22.** Histograma de residuales durante el entrenamiento para una oficina mixta  
Elaboración propia

Analizando los resultados para esta fase del modelado de la red, se tiene que la frecuencia de error pasa de 50 a 30, en el peor de los casos. No obstante, al ver el rango en el cual fluctúan los residuales, se tiene que éste ha aumentado de un rango de  $\pm 80,000$  a  $\pm 150,000$ , lo que significa un incremento del 53%.

Los casos en los que el residual fue mayor a  $-80,000$  sucedieron en 6 ocasiones, siendo estos días inicios o fines de mes, que además se mezclan con feriados, combinación de variables que hacen que el error en la predicción de la demanda se incremente con respecto al promedio, ya que para estos datos puntuales el promedio aumenta a 8.5%, 2.14% mayor al promedio general.

Si bien estos datos generan una distorsión, también ayudan a distinguir que para estos casos es necesario hacerle un mayor seguimiento a la información obtenida, ya que probablemente en estos casos se tengan que hacer ajustes adicionales.

#### 4.3.2 Modelo para oficina captadora

Siguiendo con el mismo procedimiento que se hizo con la oficina mixta, inicialmente se tomaron los datos disponibles en su totalidad y, tras realizar el entrenamiento y pruebas correspondientes se obtuvo los errores mostrados en la tabla 13.

**Tabla 13.** Error RMS para cada tipo de red durante la primera muestra en una oficina captadora

Tipo de Red	Error RMS
MLFN 2 nodos	114,072.33
MLFN 3 nodos	92,102.30
MLFN 4 nodos	121,888.14
MLFN 5 nodos	118,570.20
MLFN 6 nodos	101,029.00

Elaboración propia

En el caso de este tipo de oficina, los errores son menores en comparación con la clase de oficina anterior. Sin embargo, el error promedio para la mejor neurona, aquella que tiene 3 nodos en la capa oculta, es superior aún al 10%, por lo que finalmente se optó por

hacer el mismo análisis que con la oficina mixta; es decir, tomar en cuenta el percentil 90 para eliminar los picos que son los que muestran un comportamiento diferenciado.

Tras hacer la evaluación considerando el límite del percentil 90, los resultados mejoran notablemente, llegando a tener una variación de 83% entre la primera muestra y esta que incluye el percentil, como sucede en el caso de la red con capa oculta de 2 nodos.

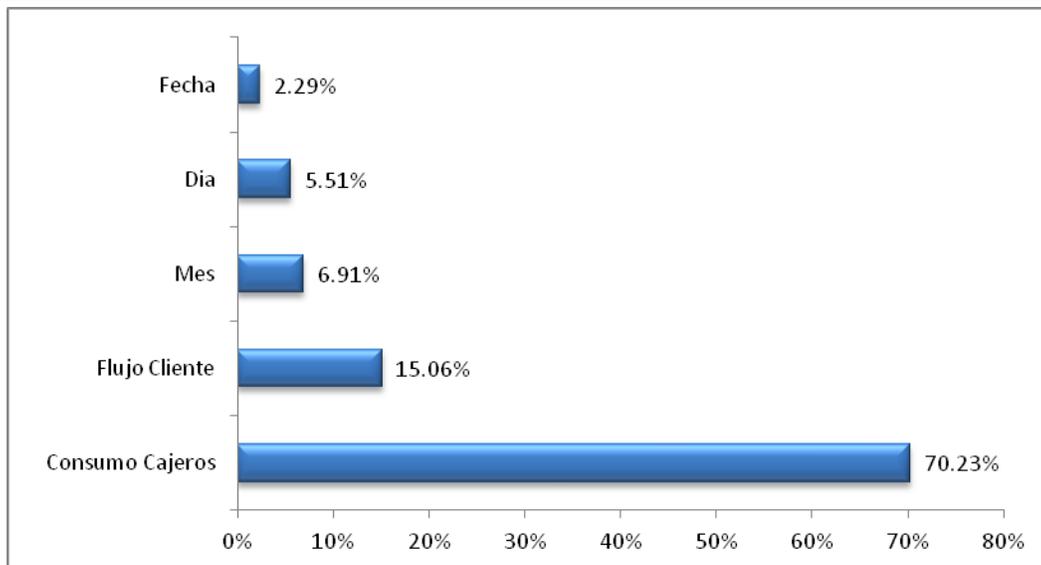
Tal es así que finalmente la red que mejor se ajusta resulta ser precisamente aquella con 2 nodos, lo cual resulta ser también beneficioso en el sentido que a menor cantidad de nodos en la capa oculta, el tiempo de duración del entrenamiento disminuye, teniendo así resultados en corto tiempo.

**Tabla 14.** Error RMS para cada tipo de red durante la segunda muestra en una oficina captadora

Tipo de Red	Error RMS
MLFN 2 nodos	19,485.65
MLFN 3 nodos	31,164.06
MLFN 4 nodos	34,741.27
MLFN 5 nodos	41,544.66
MLFN 6 nodos	26,934.98

Elaboración propia

En el gráfico 22 mostrado a continuación se tiene que para este tipo de oficinas es el Consumo de Cajeros la variable que adquiere mayor relevancia, lo cual se da porque los ingresos de efectivo que tiene la oficina de forma natural (ingresos de efectivo por ventanilla) son los suficientes como para cubrir la demanda, cualquier cambio en el comportamiento estará dado principalmente por lo que sus cajeros requieran para ser abastecidos y sólo en casos excepcionales, también habrá una influencia menor del requerimiento de sus clientes. Las otras tres variables, si bien adquieren mayor significancia que para oficina mixta, continúan siendo implícitas y secundarias para el modelo.

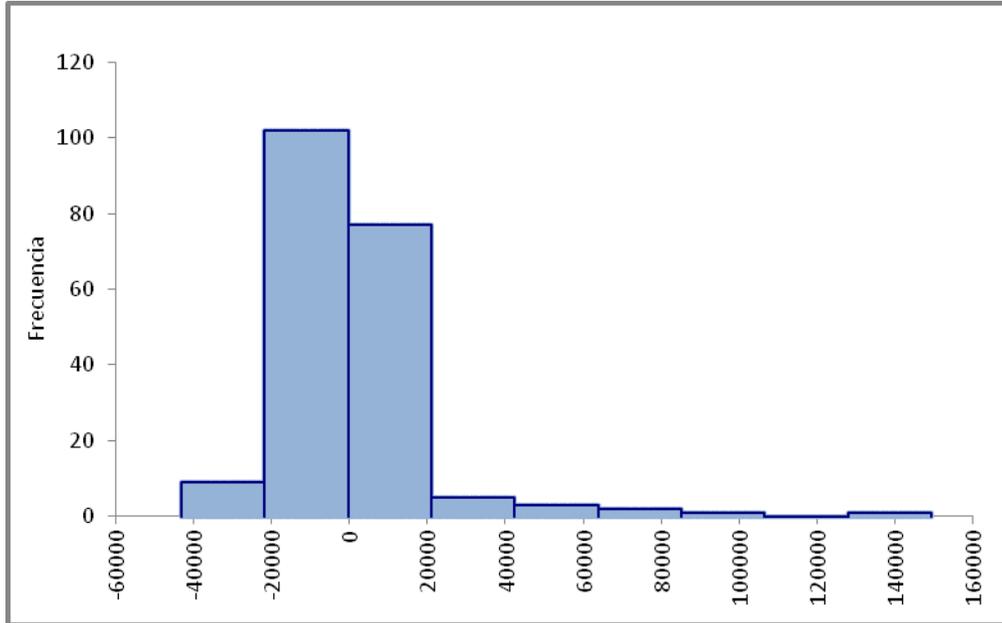


**Gráfico 23.** Impacto relativo de las Variables en una oficina captadora  
Elaboración propia

- Entrenamiento

Durante esta primera fase, como resultado de las diversas pruebas que se deben realizar para llegar a la red óptima, se obtuvo que el mayor porcentaje de los residuales se concentró en un rango de  $\pm 20,000$ . Es importante notar que la frecuencia de error total para este rango es bastante alta, lo cual se refleja en el hecho que durante el entrenamiento el 49% de las predicciones realizadas presentaron esta variación, viéndose recién el ajuste conforme se progresaba en el entrenamiento de la red.

La variación obtenida para esta fase representa en promedio un 10% de la demanda total, por lo que si bien en monto puede significar una cantidad alta, al compararlo con los valores que se manejan diariamente, esto se minimiza. El resto de rangos, tal y como se ve en el gráfico 23, en realidad ya se muestran irrelevantes, dada su baja frecuencia.



**Gráfico 24.** Histograma de residuales durante el entrenamiento para una oficina captadora  
Elaboración propia

- Prueba

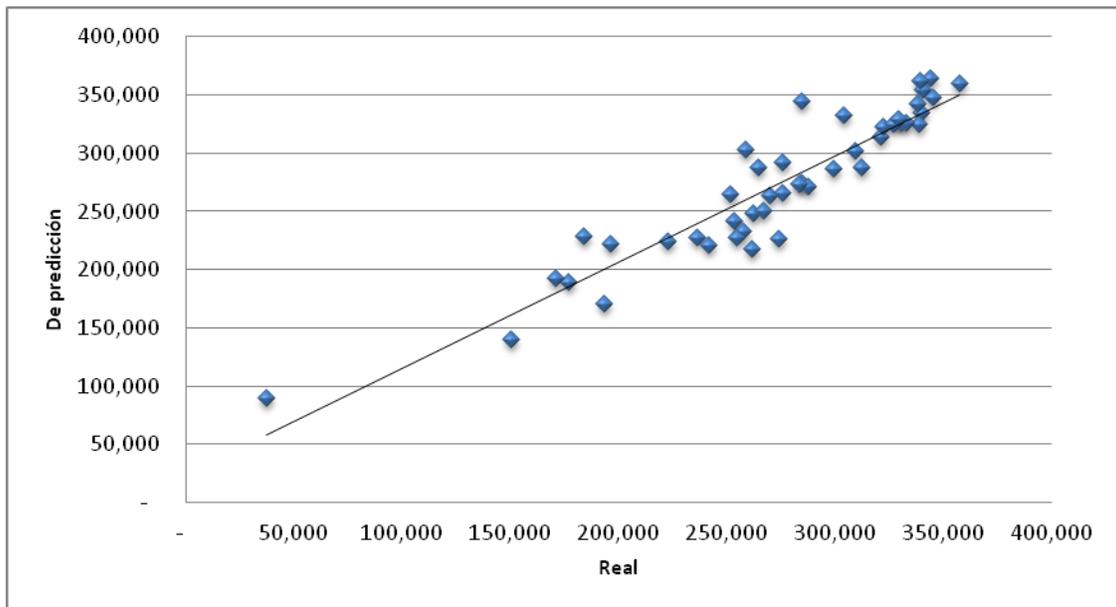
Los parámetros obtenidos para el modelo de una oficina captadora son los que se especifican en la tabla **Tabla 15.** Parámetros de la mejor red para una oficina captadora la capa oculta presente 2 nodos, como se mencionó anteriormente. Asimismo, el error cuadrático medio es bastante menor en comparación con el de la oficina mixta. No obstante, el porcentaje de error promedio resulta ser mayor, puesto que los volúmenes de efectivo demandados son menores, por lo que al dividirlos, el ratio resulta incrementándose.

PARÁMETRO	RESULTADO
Mejor Red	MLFN (2 nodos)
Error cuadrático medio	19,485.65
% de error promedio en la prueba	7,80%

Elaboración propia

En el caso de esta clase de oficina (captadora) la relación existente entre los valores reales y los valores predichos es menor en comparación con la otra clase de oficina, lo cual se está presentando por casos puntuales que generan distorsión en los valores.

En el gráfico 24 se tiene que mientras mayor sea el valor real (a partir de 300,000 aproximadamente), el ajuste es mayor.

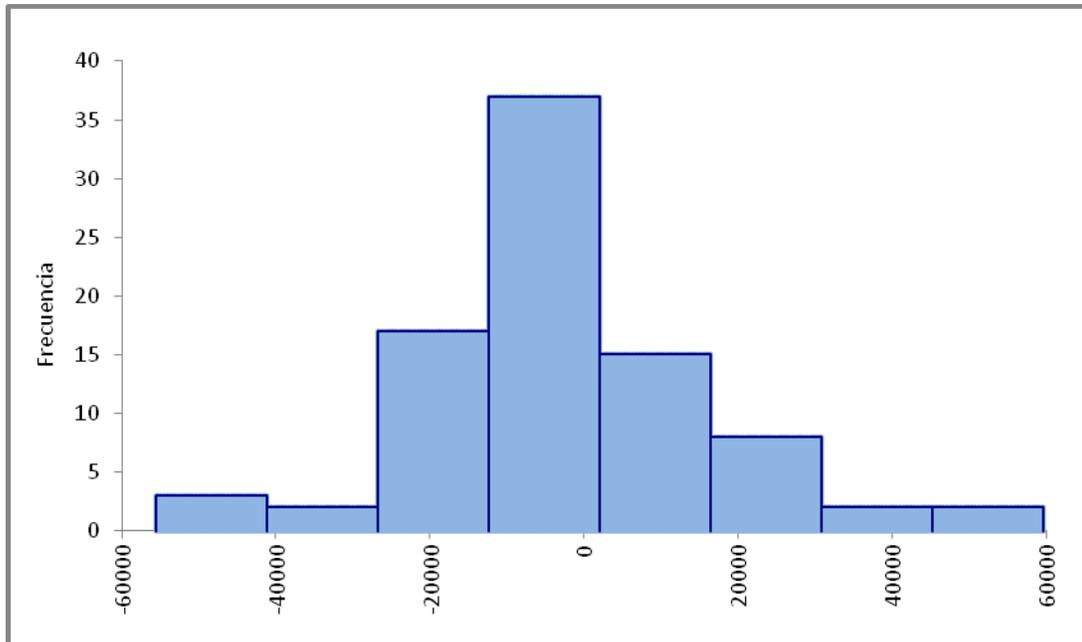


**Gráfico 25.** Dispersión entre valores de predicción y valores reales durante la fase de prueba para una oficina captadora  
Elaboración propia

A partir del gráfico 25 se puede hacer la comparación con los residuales obtenidos durante la fase de entrenamiento (gráfico 23), de lo que se concluye lo siguiente:

- La frecuencia pasa de niveles de 100 a 40 eventos, lo que nos indica que hay una menor ocurrencia de errores.
- El histograma de los residuales adquiere la forma de una campana, lo cual incluye una mayor acumulación en el intervalo de  $\pm 20,000$  y llegando a un máximo de sólo 60,000, valor considerablemente menor al límite máximo del entrenamiento que era 160,000.

- Se comprueba una mayor aproximación entre los residuales y los valores reales, contribuyendo a la disminución del porcentaje de error promedio en la prueba.



**Gráfico 26.** Histograma de residuales durante la prueba para una oficina captadora  
Elaboración propia

## 4.4 Resultados de la predicción

Tras realizar las fases de entrenamiento y prueba, se procedió con la fase predicción, la cual incluye dos escenarios por cada tipo de oficina, uno en el que se toma los datos de los siguientes meses, considerado como el escenario normal, puesto que se considera que el comportamiento de la oficina es bastante similar, y otro en el que se hará la predicción de los outliers, a modo de obtener los datos en el peor escenario y así poder tomar las acciones del caso.

### 4.4.1 Resultados para Oficina Mixta

#### 4.4.1.1 Predicción para escenario normal

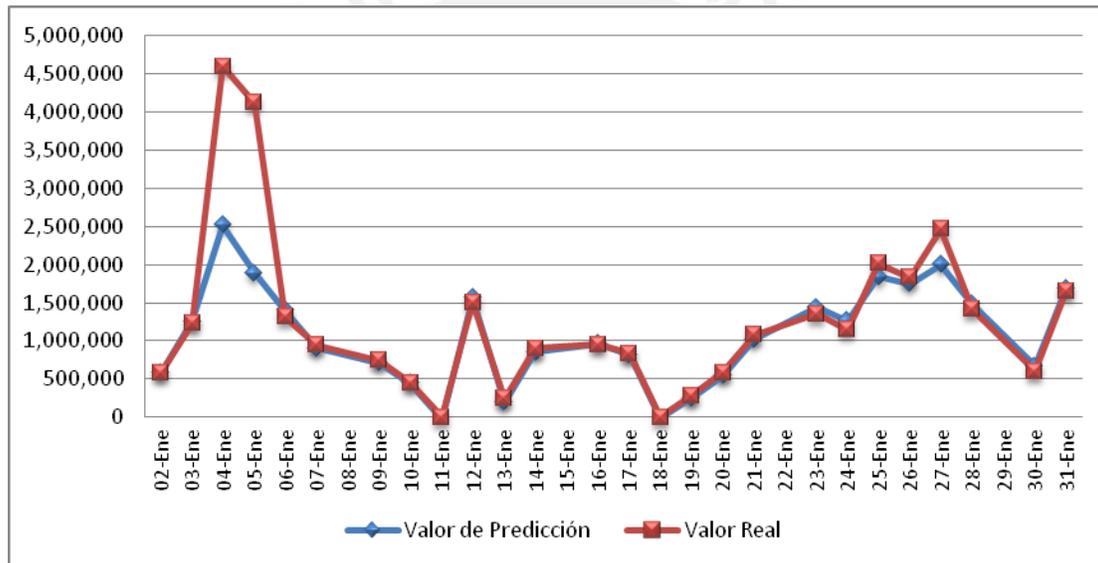
Como parte de la última fase de la aplicación de redes neuronales se hizo la predicción de la demanda diaria de efectivo para los siguientes tres meses (Enero a Marzo 2012) y dado

que la información de la demanda real ya se encuentra disponible, se realizó la comparación respectiva para medir el ajuste del modelo a la realidad.

- Enero

El error promedio para este mes es de 10.14%, resultado que se ve notablemente afectado por la gran distorsión que se tiene durante los días 4 y 5, como se observa en el gráfico 26. Durante estos dos días la demanda real tuvo un exceso de 358 y 310%, respectivamente, comparándolo con el promedio de ese mes.

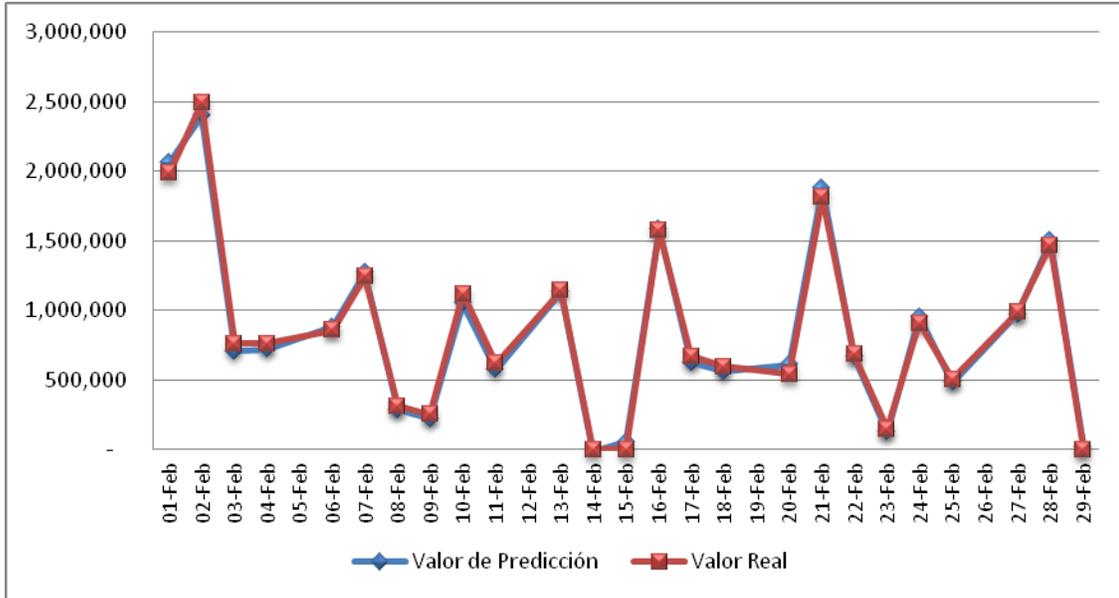
Si el resultado se toma excluyendo estos días, se obtiene un error promedio de 6.54%, similar al obtenido durante la fase de prueba.



**Gráfico 27.** Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina mixta para Enero 2012  
Elaboración propia

- Febrero

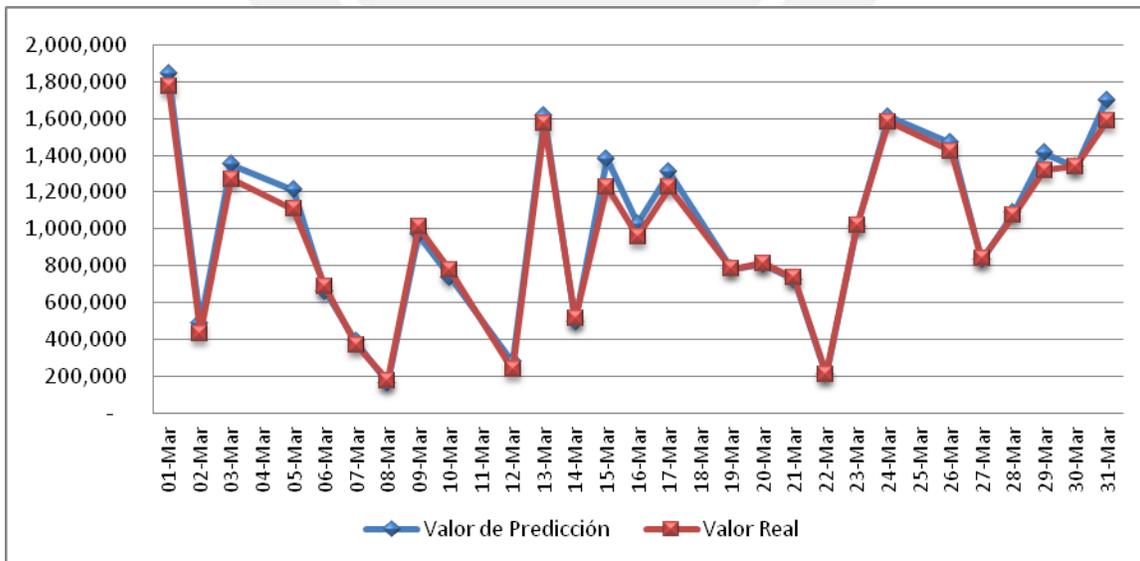
Como es claramente visible en el gráfico 27, el error promedio para este mes fue de 5.71%, valor menor al obtenido durante la fase de prueba, lo cual nos lleva a concluir que el comportamiento de año a año ha sido bastante similar, afianzándose la propuesta que las predicciones pueden realizar con una gran precisión al considerarse las variables identificadas.



**Gráfico 28.** Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina mixta para Febrero 2012  
Elaboración propia

- Marzo

El resultado de este mes es el mejor de los tres meses en predicción, ya que se obtiene un error de 4,61%, teniendo sus picos en los días cercanos a quincena, que naturalmente el comportamiento suele ser menos predecible.



#### 4.1.1.2 Predicción para escenario pesimista

Durante el proceso de modelado, ciertos valores fueron eliminados, ya que escapaban del comportamiento normal generando una distorsión en los resultados obtenidos. No obstante, es importante conocer cuáles son los resultados de la red seleccionado para este tipo de datos, ya que de alguna manera representan el peor escenario al ser los valores extremos en este tipo de oficinas.

Los valores reales que se encuentran en la tabla mostrada a continuación son aquellos que por ser mayores al percentil 90 tomado en cuenta para el modelado, no fueron incluidos en el mismo.

**Tabla 16.** Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina mixta

Real	Predicción	Residual	% Error
4,214,065	3,541,215	672,850	15.97%
2,320,730	1,821,954	498,776	21.49%
2,264,767	2,371,826	-107,059	4.73%
2,031,164	2,089,635	-58,471	2.88%
2,627,796	2,696,628	-68,831	2.62%
2,437,111	2,669,922	-232,811	9.55%
3,140,519	3,217,628	-77,109	2.46%
2,032,119	2,235,879	-203,759	10.03%
2,104,512	2,322,571	-218,059	10.36%
2,054,750	2,158,579	-103,829	5.05%
2,854,145	2,959,244	-105,100	3.68%
2,765,459	2,863,256	-97,797	3.54%
2,285,194	2,492,282	-207,088	9.06%
2,998,670	3,013,671	-15,001	0.50%
2,786,428	2,871,303	-84,875	3.05%
3,143,737	2,535,761	607,977	19.34%
2,660,374	2,151,265	509,109	19.14%
2,485,328	2,501,539	-16,211	0.65%
2,694,737	2,717,026	-22,290	0.83%
3,416,372	2,705,571	710,801	20.81%
2,564,022	2,417,269	146,753	5.72%
2,211,776	2,120,366	91,410	4.13%
2,463,380	1,989,167	474,213	19.25%

Elaboración Propia

**Tabla 16.** Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina mixta

Real	Predicción	Residual	% Error
3,094,646	2,932,310	162,336	5.25%
2,629,755	2,145,796	483,958	18.40%
2,261,951	2,445,256	-183,305	8.10%
3,443,565	3,282,041	161,524	4.69%
2,065,126	2,048,844	16,281	0.79%
2,365,215	2,469,380	-104,164	4.40%
3,520,528	3,360,956	159,572	4.53%
3,386,272	3,169,718	216,554	6.40%
2,108,906	2,275,479	-166,573	7.90%
2,187,447	2,256,089	-68,642	3.14%
2,095,790	2,019,448	76,342	3.64%
<b>Promedio</b>			<b>7.71%</b>

Elaboración Propia

Para estos casos, de acuerdo a como se observa en la tabla 16, el promedio se incrementa en 1.35%, valor que si bien es mayor a la prueba inicial, aún se encuentra dentro de los límites permitidos. Sin embargo, este resultado debe considerarse para tomar las previsiones del caso, debido a que el ajuste deberá ser más fino por la distorsión que se presenta.

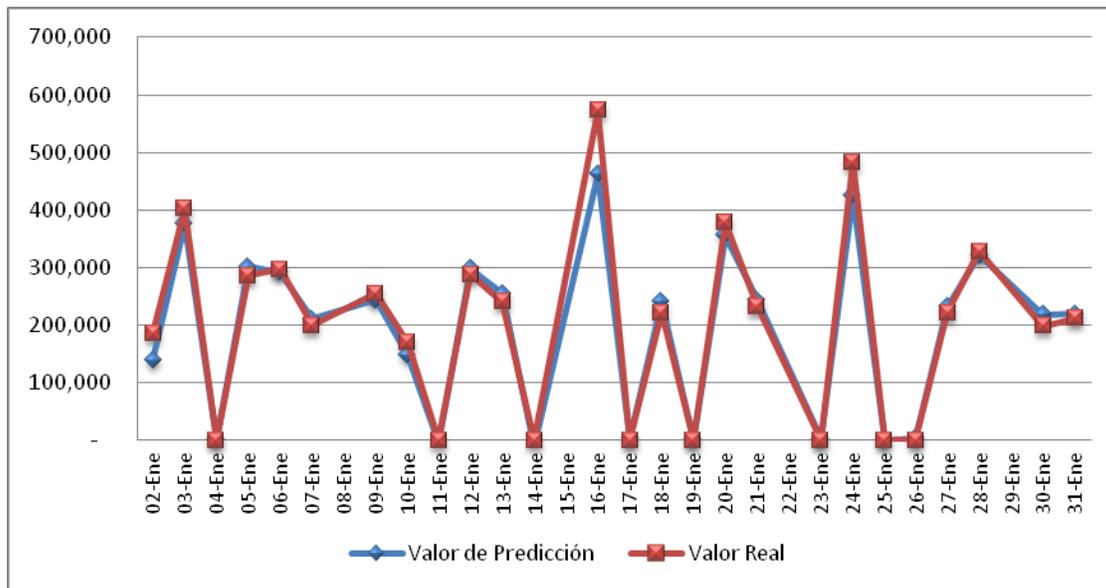
#### 4.4.2 Resultados para Oficina Captadora

##### 4.4.2.1 Predicción para escenario normal

La predicción fue realizada para los siguientes tres meses del año, siendo aquí los montos manejados mucho menores, debido a que dada la tipología de la oficina, los requerimientos de efectivo suelen ser menores, tal y como se había mencionado.

- Enero

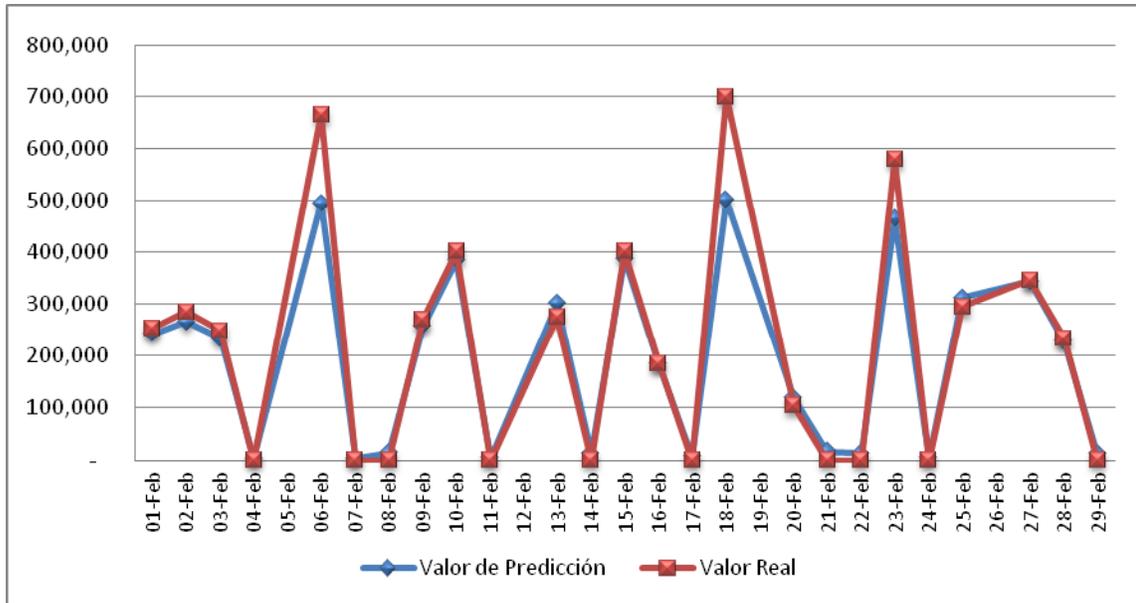
En el gráfico 29 se observan los resultados para el primer mes del año, cuyo promedio de error fue de 7.93%, en el que se tiene también que las principales distorsiones están en el primer día y en quincena, por lo que reafirma una vez más que esta para estas fechas donde se debe tener especial cuidado.



**Gráfico 30.** Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina captadora para enero 2012  
Elaboración propia

- Febrero

Para este caso el error promedio se vio incrementado a 9.04%, variación influenciada principalmente por los días 6, 18 y 23 en los que la demanda tuvo un exceso de 220% aproximadamente con respecto al resto de días del mes. Si no se consideraran estas muestras, se tendría un error de 5.26%, mostrando la diferencia que se cuando la demanda muestra una variación muy marcado y, por ende, tiende a ser impredecible. Es en situaciones como estas donde será necesario asumir cierto riesgo y dado los fuertes ingresos de efectivo a la oficina, se deberá procurar evacuar una menor cantidad de efectivo de lo normal, de modo que, si bien probablemente ese día la oficina mantenga más del efectivo permitido, no peligrará de quedarse sin lo suficiente para satisfacer todos sus requerimientos.

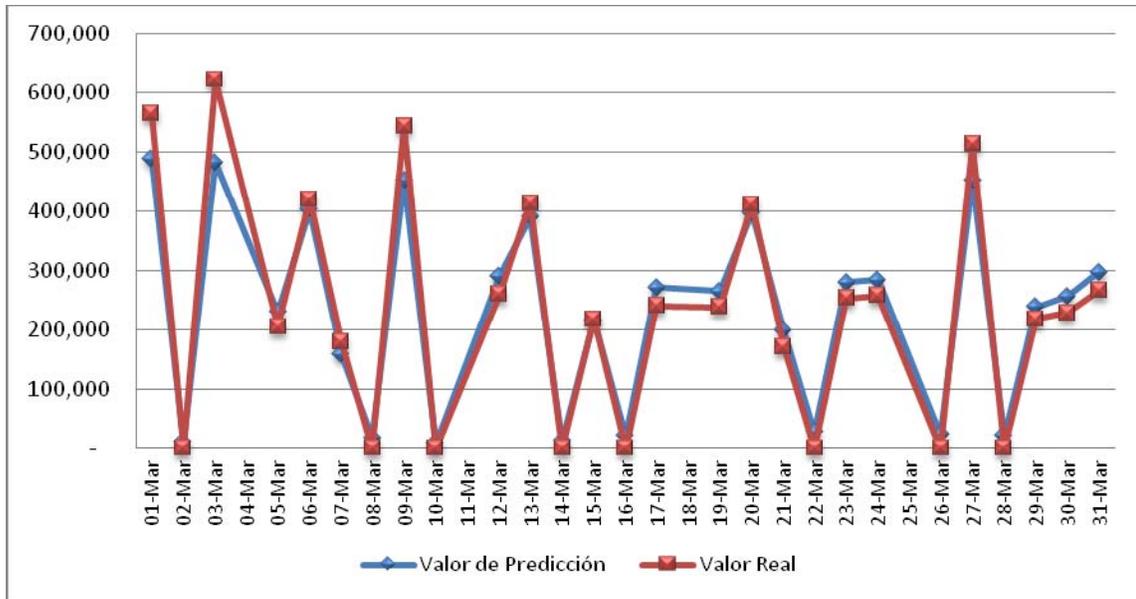


**Gráfico 31.** Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina captadora para febrero 2012  
Elaboración propia

- Marzo

Mes en el que se presentan mayores distorsiones, puesto que como resultado del error promedio se obtuvo 10.97%. Para este caso, si bien las distorsiones más marcadas se tienen los días 3 y 9, en general la mayor parte de los días presentan variaciones mayores con respecto a las obtenidas en muestras anteriores.

Al comparar la demanda de efectivo promedio del año 2011 y 2012 para este mes, se observó que se tiene un exceso de 53%, debido principalmente al mayor abastecimiento de cajeros: para marzo 2011 fueron abastecidos 12 veces en total, mientras que para este año este número se duplicó, llegando a ser en 24 oportunidades.



**Gráfico 32.** Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina captadora para marzo 2012

Elaboración propia

#### 4.4.2.2 Predicción para escenario pesimista

De forma similar a la oficina mixta, como parte de la fase de predicción se incluyó un escenario en el que se busca obtener los resultados de aquellos días que fueron extraídos por encontrarse fuera del percentil 90.

Esta primera prueba se realizó debido a que se debe tomar en cuenta la distorsión que se generará en estos días, ya que naturalmente será mayor al resto de eventos y, por ende, será necesario un mayor análisis y ajuste.

Así, en la tabla 17 se tiene que el error promedio aumenta en 1.72% con respecto a la prueba, siendo el día que presenta mayor error el 30 de abril, fecha que no solo es fin de mes, sino que también fue fin de semana previo a un feriado, combinación de variables que hizo que se presentara la distorsión.

**Tabla 17.** Comparación de valores reales y los de predicción en una oficina captadora

Real	Predicción	Residual	% Error
442,190	402,604	39,586	8.95%
413,140	395,739	17,401	4.21%
415,070	399,710	15,360	3.70%
456,314	397,722	58,593	12.84%
426,908	312,540	114,368	26.79%
400,875	347,476	53,399	13.32%
394,460	380,868	13,592	3.45%
398,580	376,811	21,769	5.46%
418,870	379,593	39,277	9.38%
422,090	373,305	48,785	11.56%
422,650	394,184	28,466	6.74%
420,720	385,836	34,884	8.29%
387,930	352,549	35,381	9.12%
<b>Promedio</b>			<b>9.52%</b>

Elaboración propia

Es importante mencionar, que si bien este sería el escenario pesimista en un principio, al observar la muestra del mes de marzo, se obtuvo un porcentaje mayor de error, por lo que se debe tomar en cuenta especialmente los picos que se dan debido a un incremento inesperado de la demanda.

## CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- El uso de redes neuronales como herramientas de predicción garantiza tener un modelo más exacto en comparación con otro tipo de algoritmos, debido a sus funciones de aprendizaje y a su característica de entrenamiento a través de la metodología de prueba y error.
- Las redes neuronales formadas se ajustaron adecuadamente a la situación que se presenta en la actualidad en la empresa en estudio. Esto se validó realizando una comparación entre los valores de la predicción con los reales.
- Cada tipo de red formada proporcionó un buen ajuste con respecto a la realidad, lo que permitirá mejorar los criterios y parámetros a tomar en cuenta durante el análisis y predicción de las necesidades de las oficinas, diferenciándose por tipo de oficina y por los días que corresponden a cada mes.
- Si bien las oficinas presentan características similares es necesario adaptar el modelo planteado a cada una de forma individual, ya que al tener elementos diferenciadores, como la cantidad de cajeros o de ventanillas, los promedios de demanda y los efectos que se van presentando serán diferentes para cada situación.
- El promedio de error obtenido para las oficinas mixtas es 6.82%, lo que permite asegurar que es una buena herramienta de predicción, ya que adicionalmente al requerimiento propio de la oficina, incluye el efecto que tiene de las necesidades de los cajeros que finalmente se concluyó que es el factor determinante.
- El promedio de error para las oficinas captadoras es de 8.02%, ligeramente mayor al de las mixtas, valor que se ve principalmente influenciado por las fechas picos durante el mes. Aún así, este resultado se encuentra dentro de la meta establecida que es de máximo 10% de error en la muestra.

- El tener una mayor precisión en los pronósticos permitirá que la toma de decisiones sea más adecuada, sincerando así los excedentes que tendría la oficina, de modo que se puedan ofrecer a las otras entidades bancarias para aumentar las compensaciones con ellas, reduciendo con esto los gastos.
- A través de la aplicación del modelo, los analistas podrán determinar los momentos exactos en los que deben realizar el traslado y las cantidades a movilizar en los mismos, de modo que se anule el riesgo existente por el manejo de volúmenes de efectivo por encima del saldo meta establecido.
- Si bien la decisión final depende del criterio de la persona que viene realizando el proceso, se pueden estimar los siguientes resultados para los indicadores establecidos:
  - Para el caso de una oficina mixta, como es la ubicada en Cayma, se logrará llegar a aproximadamente un 91% de eficiencia, lo cual significa una mejora de 4% con respecto al valor actual, al eliminar traslados que en su momento fueron innecesarios. Esto tiene un impacto directo en los gastos ya que se reduciría un promedio de 21 movimientos al mes a 19, alcanzando así una disminución del 6% de los gastos para dicha oficina. Adicionalmente se busca que al incrementar sus compensaciones con otras oficinas, que actualmente sólo se encuentran en un 6%, se pueda alcanzar un ahorro de 5% más en la cuenta acumulada, haciendo un total de aproximadamente 11,000 soles anuales.
  - Por su parte, en el caso de una oficina captadora, como lo es San Camilo, que actualmente tiene un promedio de 27 movimientos mensuales, de los cuales sólo el 18% son compensaciones y que en monto compensado sólo significa el 8% de lo que en total se movilizó, se lograría que, al conocer las necesidades exactas del resto de oficinas, este porcentaje pase a ser un 35%, ya que en lugar de enviar dicho dinero a las bóvedas, se estaría colocando en otras oficinas que lo requieren y para las cuales ya se tendría un pronóstico. Asimismo, esto se vería directamente reflejado en los gastos de la cuenta de procesamiento, ya que al realizar una compensación, este dinero ya no tendría que ser ni depurado ni recontado por la transportadora y de esta forma, se generaría un ahorro del 25% en esta cuenta, lo

que significa un 7% en la cuenta global que incluye ya los costos por traslados. Así, el ahorro total en monto sería de 14,000 soles anuales.

- Debido a que el modelo incluye ya el comportamiento del factor principal que son los cajeros automáticos y dado que actualmente para finalizar con el análisis de las oficinas se requiere tener la programación de dichos cajeros, se podría proceder a trabajar con los pronósticos para los mismos (y no con el dato final), lo cual ayudaría a que el analista pueda continuar con su proceso sin tener que depender de otros.
- Gracias al nuevo modelo aplicado para el pronóstico, se podrá identificar y predecir con anticipación los cambios bruscos en la demanda debido a fechas pico, lo que permitirá establecer planes de contingencia a modo de generar movimientos eficientes en los canales, de manera que se pueda minimizar el impacto.

## 5.2 Recomendaciones

- Aplicar los modelos obtenidos para así obtener mejoras en los indicadores de desempeño manejados, teniendo en consideración las pautas dadas.
- Cada modelo puede ser extendido a otras oficinas del país, considerando también el impacto que tiene cada variable incluida, de modo que se modifiquen los parámetros que sean necesarios.
- Identificar causas especiales que puedan afectar el comportamiento de las oficinas en determinado momento y/o para ciertas plazas, de modo que sean incluidas en el modelo bajo ciertas pautas adicionales.
- Los modelos permiten obtener el impacto generado por otros canales de atención dependientes de la oficina (cajeros automáticos), por lo que se pueden predecir también los efectos correlativos que tendría un cambio en la configuración de los cajeros, incremento en las cantidades dispensadas, aumento en los niveles de efectivo para el abastecimiento, etc.

- Realizar una evaluación del impacto generado por la aplicación de esta nueva metodología en cuanto a las actividades adicionales que ejecutan los analistas como parte de su proceso, de modo que se puedan eliminar aquellas que no agregan valor y así puedan evocarse a realiza un mayor análisis.
- Hacer una evaluación periódica del comportamiento de la oficina (si pasa de ser pagadora a ser mixta o viceversa), ya que esto es determinante para la elección del modelo a aplicar.
- Darle mayor relevancia a las alternativas de evacuación de dinero que se tiene, tales como las compensaciones e incluso el abastecimiento de los cajeros, frente al envío de efectivo a las bóvedas. Esto con la finalidad de identificar oportunidades de mejora al poder sincronizar el flujo de la oficina con la de los cajeros que se encuentran dentro de la misma (haciendo coincidir los días de abastecimiento con los días de mayor sobrante de efectivo, por ejemplo) o procurando evaluar las necesidades de las oficinas dentro de la misma plaza, no viéndolas como islas, sino como un sistema integral que ayude a que se autoabastezcan entre sí generando menores gastos de transporte.
- Elaborar planes de contingencia ante fechas de demanda inusual, ya que se sabe de forma preliminar que en estas fechas la variabilidad de la demanda se incrementa notablemente, lo cual se ve reflejado también en que el porcentaje de error para el pronóstico de estos días aumenta en promedio en 1.54%. Es por ello que es pertinente tomar medidas preventivas que permitan realizar las gestiones necesarias para minimizar el impacto que pueda generarse, esto ya con el respaldo de predicciones más precisas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2011 ASOCIACIÓN DE BANCOS DEL PERÚ – ASBANC  
 “Estadísticas de Bancos: Transacciones Monetarias”. Lima. Consulta:  
 11 de Marzo del 2013  
[http://www.asbanc.com.pe/estadisticas/sistema\\_financiero.htm](http://www.asbanc.com.pe/estadisticas/sistema_financiero.htm)
- 2000 BONINI, Charles  
*Análisis cuantitativo para los negocios*. Bogotá, McGraw – Hill  
 Interamericana. 530 p.
- 2006 CHAPMAN, Stephen N.  
*Planificación y control de la producción*. México, Pearson Education.  
 288 p.
- 2005 CHASE, Richard & AQUILANO, Nicholas & JACOBS, F. Robert  
*Administración de la producción y operaciones para una ventaja  
 competitiva*. México D.F, McGraw – Hill. 848 p.
- 2008 FLOREZ LÓPEZ, Raquel & FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, José Miguel  
*Las redes neuronales artificiales: fundamentos teóricos y aplicaciones  
 prácticas*. Madrid, Netbiblo. 152 p.
- 1998 FRANCES, Philip Hans  
*Time series models for business and economic forecasting*. Cambridge,  
 Cambridge University Press. 280 p.
- 2006 HAN, Jiawey  
*Data Mining: concepts and techniques*. Segunda Edición. Amsterdam:  
 Elsevier.
- HANKE, John E.  
 1996 *Pronósticos en los negocios*. Quinta Edición. México, Prentice Hall  
 Hispanoamericana. 605 p.
- 2011 HERMES  
*Manual de definiciones y procesos*. Lima. 2011.
- 2004 HERNÁNDEZ ORALLO, José  
*Introducción a la minería de datos*. Madrid: Pearson Educación, 2004.
- 2009 HINES, William W.  
*Probabilidad y estadística para ingeniería*. Cuarta Edición. México D.F:  
 Patria, 2009.

- 2004 ISASI VIÑUELA, Pedro & GALVÁN LEÓN, Inés  
*Redes de neuronas artificiales: un enfoque práctico.* Madrid, Pearson Education. 229 p.
  
- 2005 MARTÍN DEL PESO, Mónica  
*Aplicaciones de las redes neuronales artificiales a problemas de predicción y clasificación financiera.* Madrid, Universidad Rey Juan Carlos. 68 p.
  
- 2001 MARTÍN DEL BRÍO, Bonifacio  
*Redes neuronales y sistemas borrosos.* Madrid, RA -MA. 399 p.
  
- 2003 MISAS ARANGO, Martha, LOPEZ, Enrique, ARANGO, Carlos & HERNÁNDEZ, Juan  
*“La demanda de efectivo en Colombia: Una Caja Negra a la luz de las redes neuronales”.*  
 Banco de la República, Subgerencia de estudios Económicos. Colombia. Consulta: 23 Abril de 2012  
<http://www.banrep.gov.co/docum/ftp/borra268.pdf>
  
- 2007 PÉREZ LÓPEZ, César & SANTÍN GONZÁLEZ, Daniel  
*Minería de datos: Técnicas y Herramientas.* Madrid, Paraninfo. 789 p.
  
- 2001 PINDYCK, Robert S. & RUBINFELD, Daniel L.  
*Econometría: modelos y pronósticos.* México, Mc Graw Hill. 661 p.
  
- 2006 RITCHER GREZ, Katharine & TORO GONZÁLES, Daniela  
*Redes neuronales artificiales, una herramienta para las finanzas. Aplicación a la predicción del precio del cobre transado en la bolsa de metales de Londres.* Concepción: Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Departamento de Administración. Consulta: 05 de Noviembre del 2011.  
<http://es.scribd.com/doc/38472113/Tesis-RNA-en-Finanzas-UdeC>
  
- 2003 SANTÍN GONZÁLES, Daniel  
*Eficiencia técnica y redes neuronales: un modelo para el cálculo del valor añadido a la educación.* Madrid: Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Departamento de Economía Aplicada. Consulta: 08 de Noviembre del 2011.
  
- 1985 URIEL, Ezequiel  
*Análisis de series temporales: modelo ARIMA.* Madrid, Paraninfo. 270 p.