



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Modelo para la estimación de la demanda operativa según el perfil del cliente de una empresa de telecomunicaciones**

**Kelly Johanna Jiménez Avalos**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Minas, Área Curricular de Sistemas e Informática  
Medellín, Colombia



# **Modelo para la estimación de la demanda operativa según el perfil del cliente de una empresa de telecomunicaciones**

**Kelly Johanna Jiménez Avalos**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título  
de:

**Magíster en Ingeniería – Ingeniería Analítica**

Director (a):

PhD. Fernán Alonso Villa Garzón

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Minas, Área Curricular de Sistemas e Informática  
Medellín, Colombia

2021



*Dedicatoria*

*A Dios*

*A mi madre Ines y mi abuela Blanca, por su amor y apoyo incondicional.*



## Resumen

### **Modelo para la estimación de la demanda operativa según el perfil del cliente de una empresa de telecomunicaciones**

La demanda operativa de una empresa de telecomunicaciones corresponde a las solicitudes de servicio del cliente que deben ser atendidas en campo, generalmente la casa del cliente. Los servicios que usualmente se atienden son el reemplazo de equipos y revisiones de instalaciones de red, entre otros. Estas deben ser atendidas por recurso operativo (técnico) que se desplaza personalmente hasta el lugar donde se ha ocurrido el incidente a atender (solicitud). En el contexto de investigación de operaciones, la atención de estas solicitudes es un problema complejo de asignación de recursos, en el cual es necesario optimizar tiempos de atención y recursos asignados para atender la solicitud; sin embargo, esta es una manera reactiva de abordar el problema que no considera aspectos de planeación de subcontrataciones de recursos adicionales, ni el perfil del cliente; entonces, en este trabajo se propone abordar la situación desde un punto de vista prospectivo, considerando el análisis de la demanda operativa, mediante un modelo para su estimación según la categorización del perfil de cliente de una empresa de telecomunicaciones. Para categorizar el perfil del cliente se utiliza el modelo de RFM (Recencia, Frecuencia y Monto) descrito por (Ching-Hsue & You-Shyang, 2009); mientras que, para analizar prospectivamente la demanda operativa se modela y se estiman determinados modelos de procesos del negocio siguiendo la metodología de *Business Process Management* (BPM) (Trilles Farrington, 2011). Los modelos encontrados evidencian que es posible analizar integralmente la demanda operativa y que la incorporación del perfilado del cliente en su análisis adicional información relevante para tomar decisiones respecto a la atención de las solicitudes.

**Palabras clave:** demanda operativa; modelo recencia, frecuencia y monto; gestión de procesos del negocio.

## Abstract

### **An operational demand model estimation according to a telecommunications company customer profile**

The operational demand of a telecommunications company is the customer service requests that must be attended at the customer's home. The services that are usually attended are the replacement of equipment and reviews of network installations. These must be attended by an operational resource (technical) who personally travels to the place where the incident to attend (request) has occurred. In the context of operations research, the attention of these requests is a complex problem of resource allocation, in which it is necessary to optimize attention times and resources assigned to meet the request; however, this is a reactive way of approaching the problem that does not consider planning aspects of outsourcing additional resources, nor the profile of the client. Therefore, in this work, a prospective approach view is proposed, considering the analysis of the operational demand, and a model for its estimation according to the categorization of the client profile of a telecommunications company. To categorize the client's profile, the RFM model (Recency, Frequency, and Amount) described by Ching-Hsue and You-Shyang (2009) is used. While, to prospectively analyze operational demand, business process models are modeled and estimated following the Business Process Management (BPM) methodology (Trilles Farrington, 2011). The models found show that it is possible to comprehensively analyze operational demand and that the incorporation of customer profiling in its analysis adds relevant information to make decisions regarding the attention of requests.

**Key words:** Operational demand; recency, frequency, and amount model; business process management.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>VII</b>
<b>Contenido</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras</b> .....	<b>XI</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XII</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Entendimiento del problema abordado</b> .....	<b>3</b>
1.1 Contextualización del problema.....	4
1.1.1 Indicadores del cliente que representan su experiencia en un determinado proceso .....	4
1.1.2 Indicadores de proceso que representan su estado actual. ....	4
1.2 Recursos disponibles .....	5
1.3 Confidencialidad de la información.....	6
1.4 Objetivos .....	6
1.4.1 Objetivo General.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
1.5 Metodología para desarrollar el trabajo .....	6
<b>2. Caracterización y categorización según el perfil del cliente</b> .....	<b>9</b>
2.1 Información disponible .....	9
2.2 Caracterización de las variables.....	9
2.2.1 Preparación de los datos .....	9
2.2.2 Análisis descriptivo de las variables.....	10
2.3 Categorización según el perfil del cliente .....	12
2.4 Definición y Metodología .....	13
2.5 Selección de variables .....	14
2.6 Modelo RFM y categorización .....	15
2.6.1 Generar tabla RFM.....	15
2.6.2 Generar puntuación RFM .....	16
2.6.3 Definir segmentos.....	18
2.7 Métricas de evaluación.....	20
2.8 Conclusión .....	21
<b>3. Modelado del Proceso del Negocio y Estimación de Escenarios</b> .....	<b>23</b>
3.1 Definición y Metodología .....	23
3.2 Modelado del proceso .....	24

---

3.2.1	Actividades.....	24
3.2.2	Compuertas.....	25
3.2.3	Eventos.....	26
3.2.4	Modelado para la ejecución.....	26
3.3	Simulación.....	27
3.4	Análisis <i>¿What if?</i> .....	29
3.4.1	Definición de escenarios.....	30
3.4.2	Ejecución y comparación de escenarios.....	30
3.5	Conclusión.....	31
<b>4.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>33</b>
4.1	Objetivo 1. Caracterizar las variables atribuibles al perfil del cliente, para la prestación del servicio de telecomunicaciones.....	33
4.2	Objetivo 2. Establecer las reglas de categorización según el perfil del cliente. .	34
4.3	Objetivo 3. Implementar un modelo para estimar la demanda operativa, según la categorización del perfil del cliente.....	34
4.4	Objetivo 4. Validar el modelo de la estimación de la demanda operativa.....	35
<b>5.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>37</b>
	<b>Bibliografía.....</b>	<b>39</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Distribución de daños por monto de la factura .....	10
<b>Figura 2.</b> Frecuencia de daños en 30 días.....	11
<b>Figura 3.</b> Distribución de la recencia por cliente.....	12
<b>Figura 4.</b> Gráfico de barras modelo RFM.....	18
<b>Figura 5.</b> Matriz de confusión multiclase .....	21
<b>Figura 6.</b> Modelado proceso de reparación en premisas del cliente.....	27
<b>Figura 7.</b> Resultado gráfico de la simulación .....	29

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Comparación modelo RFM sector comercial y caso de estudio .....	14
<b>Tabla 2.</b> Resumen tabla RFM .....	16
<b>Tabla 3.</b> Resumen tabla RFM y puntuación total .....	17
<b>Tabla 4.</b> Categorización del cliente según modelo RFM .....	19
<b>Tabla 5.</b> Categorización del cliente según modelo RFM .....	19
<b>Tabla 6.</b> Categorización del cliente reglas heurísticas .....	20
<b>Tabla 7.</b> Probabilidad de las compuertas .....	28
<b>Tabla 8.</b> Definición de escenarios .....	30
<b>Tabla 9.</b> Comparación de escenarios .....	31

# Introducción

La demanda operativa de una empresa de telecomunicaciones corresponde a las solicitudes de servicio del cliente que deben ser atendidas en campo por un recurso operativo (técnico), usualmente la casa del cliente donde ha ocurrido el incidente. Los servicios que generalmente se atienden son aspectos relacionados a los daños de equipos, configuraciones en dispositivos, reparaciones de red interna, entre otros.

En el contexto de investigación de operaciones, la atención de estas solicitudes es un problema complejo de asignación de recursos, donde es necesario optimizar tiempos de atención y recursos asignados para atender la solicitud; sin embargo, esta es una manera reactiva de abordar el problema que no considera aspectos de planeación de subcontrataciones de recursos adicionales, ni el perfil del cliente.

En este trabajo se propone abordar la situación antes descrita desde un punto de vista prospectivo, considerando el análisis de la demanda operativa mediante un modelo para su estimación según la categorización del perfil de cliente de una empresa de telecomunicaciones.

Para categorizar el perfil del cliente se utiliza el modelo de RFM (Ching-Hsue & You-Shyang , 2009) que categoriza los clientes según tres principales atributos la recencia, la frecuencia y el monto, con el fin de lograr maximizar los beneficios tanto para el cliente como para la compañía. Este modelo utiliza cuantiles para cada variable lo que permite dividir las observaciones en grupos de igual tamaño, los cuales finalmente permiten asignar a cada registro un puntaje total que dará un segmento o categoría. Finalmente, el modelo permite obtener para cada cliente que ingrese una solicitud de daño un segmento u rango de horas en que será agendado la reparación en campo.

Para analizar prospectivamente la demanda operativa se implementan y se simulan diversos modelos de procesos del negocio siguiendo la metodología de *Business Process Management* o BPM (Trilles Farrington, 2011), que permite realizar la descripción de proceso con el fin de encontrar una mejora continua. Esto se realiza mediante Bizagi Modeler, donde se modelan y simulan escenarios que permiten evaluar el desempeño del proceso de demanda operativa teniendo en cuenta determinadas configuraciones y obteniendo evidencia para reducir probabilidades de incumplimiento, eliminación de cuellos de botella, prevención de sub o sobredimensionamiento. Además, se infiere que la demanda operativa no es igual al número de solicitudes de daños ingresados, dado que depende de otras variables propias del proceso.

Los resultados encontrados de esta modelación y simulación evidencian que es posible analizar integralmente la demanda operativa y que la incorporación del perfilado del cliente en su análisis reúne información relevante para tomar decisiones respecto a la atención de las solicitudes.

# 1. Entendimiento del problema abordado

Las compañías de telecomunicaciones reciben diariamente diferentes requerimientos que realizan sus usuarios, dentro de los que se encuentran actividades en las cuales, se pueden realizar cambios, revisiones o conexiones desde escritorio; y actividades donde es necesario contratar recurso operativo (técnicos) que se desplace a realizar labores en campo.

Las solicitudes que se deben realizar en campo (demanda operativa) se categorizan según el perfil del cliente. Para el proceso de reparar un servicio la categorización depende de variables como tiempo transcurrido desde el último daño, número de daños en un tiempo determinado, monto de facturación del cliente, entre otros. Dependiendo de esta categorización se establecen indicadores claves de desempeño (*Key Performance Indicators* KPI (Parmenter, 2007)) para la atención en campo.

A nivel nacional en estas compañías, el recurso operativo (técnicos), es subcontratado por un tercero, al que se le entrega la cantidad de solicitudes que deben realizar diariamente, el material a utilizar (cables, conectores, equipos, entre otros) y dispositivos móviles con un software, a los cuales se le hace seguimiento a cada solicitud ingresada. Los datos que se registran en este software permiten realizar seguimiento a rutas, estado de las órdenes a ejecutar y productividad en campo.

Actualmente, en estas compañías la categorización del perfil de cliente y estimación la demanda operativa son un estudio robusto con oportunidad de mejora, principalmente por las siguientes razones:

- Los procesos que se realizan y el software utilizado en campo, producen grandes volúmenes de datos, que se encuentran estructurados, pero poco analizados.

- La volatilidad de las variables recolectadas introduce una alta desviación a las conclusiones que se puedan presentar.
- La estimación de la demanda operativa cuenta con un factor social importante, dado que esta actividad provoca una relación entre dos personas (el recurso operativo o técnico y el cliente).

Además, cuando la categorización según el perfil de cliente y la estimación de la demanda operativa no son óptimas, se aumenta el riesgo de impactar negativamente los tiempos de atención, la calidad del servicio y la base actual de clientes de la compañía. Entonces, se requiere analizar adecuadamente estos dos aspectos.

## **1.1 Contextualización del problema**

Con el fin de conservar y aumentar la base de clientes de la compañía, se debe optimizar la categorización según el perfil de los usuarios y la estimación de la demanda operativa, dado que estos están altamente correlacionados con los KPI.

Estos KPI se dividen en indicadores de clientes e indicadores de proceso, tal y como se detalla a continuación:

### **1.1.1 Indicadores del cliente que representan su experiencia en un determinado proceso**

- Tiempos de atención: Corresponde al tiempo transcurrido desde la solicitud realizada hasta su solución.
- Cumplimiento de agenda: Se refiere al cumplimiento de la visita en campo pactada con el cliente.
- Calidad del servicio prestado: Es la cantidad de solicitudes de garantías o de daños reiterativos.

### **1.1.2 Indicadores de proceso que representan su estado actual.**

- Ocupación del recurso operativo: Porcentaje de ocupación del tiempo total disponible del recurso operativo (técnicos).

- Productividad del recurso operativo: Cantidad promedio de solicitudes realizadas diariamente por el recurso operativo (técnicos).
- Efectividad de servicios programados: Solicitudes cumplidas comparadas con las solicitudes ingresadas.
- Nivel de recomendación del servicio: Calificación de 1 a 10 que realizan los clientes según su experiencia.

Estos KPI forman parte de la evaluación de un sistema complejo, donde la volatilidad de las variables implicadas y las relaciones personales de servicio deben ser analizadas. Mientras no haya una teoría que permita definir modelos deductivos sobre el comportamiento de los sistemas complejos como estos, un método para estudiarlos es la simulación de estos. Mediante la simulación es posible plantear distintos escenarios y ver qué ocurre (Pavón, Lopez-Paredes, & Galán, 2012).

## 1.2 Recursos disponibles

Este estudio cuenta con datos referentes a daños en una empresa de telecomunicaciones en Colombia. Los datos disponibles contienen variables que permiten a través de su análisis categorizar los clientes y estimar la demanda operativa. La información aquí disponible no permite la identificación individual de clientes que tuvieron afectaciones o daños en su servicio, por lo que se garantiza la protección de la confidencialidad de la información.

La herramienta informática que permitió el desarrollo de este estudio mediante la aplicación de código abierto es R, el cual proporciona una amplia variedad de técnicas estadísticas y graficas que permiten realizar deferentes técnicas de minera de datos (The R Foundation , 2021).

También, se utilizó la herramienta Bizagi Modeler, la cual permite crear y documentar los procesos de negocio en un repositorio central en la nube, para obtener un mejor entendimiento de cada paso e identificar las oportunidades de mejora, aumentando la eficiencia de la organización (Bizagi, 2021).

## 1.3 Confidencialidad de la información

La información disponible en este estudio está compuesta por datos anonimizados. Estos están protegidos por la Ley Colombiana de Habeas Data 1581 de 2012, por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales (Ley 1581 de 2012 - Ley Estatutaria de Hábeas Data, 2012).

## 1.4 Objetivos

Considerando que este es un trabajo de Maestría en Ingeniería Analítica, nodo de profundización, el objetivo de este trabajo se encamina a la aplicación de herramientas de modelado de procesos para resolver aspectos específicos de la demanda operativa de una empresa de telecomunicaciones; esto con el fin de que una empresa dada pueda mejorar la atención a sus clientes y así ser más competitiva respecto a las demás.

### 1.4.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo para la estimación de la demanda operativa, según la categorización del perfil de cliente de una empresa de telecomunicaciones.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las variables atribuibles al perfil del cliente, para la prestación del servicio de telecomunicaciones.
- Establecer las reglas de categorización, según el perfil del cliente.
- Implementar un modelo para estimar la demanda operativa, según la categorización del perfil del cliente.
- Validar el modelo de la estimación de la demanda operativa.

## 1.5 Metodología para desarrollar el trabajo

Según la tesis “Metodología para la definición de requisitos en proyectos de *data mining* (ER-DM)” (Gallardo Arancibia, 2009), existen varias metodologías para el desarrollo de

proyectos de datamining, como SEMMA (*Sample, Explore, Modify, Model, Assess*)<sup>1</sup> (Aquino , Molero-Castillo, & Rojano, 2015), DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar)<sup>2</sup> (Isixsigma, 2005) y CRISP-DM (*Cross Industry Standard Process for Data Mining*) (Chapman, y otros, 2000).

En este trabajo se emplea CRISP-DM dado que según la comparación de (kdnuggets, 2014), es una de las metodologías más utilizada a nivel mundial.

Los orígenes de CRISP-DM, se remontan hacia el año 1999 cuando un importante consorcio de empresas europeas tales como NCR (Dinamarca), AG(Alemania), SPSS (Inglaterra), OHRA (Holanda), Teradata, SPSS, y Daimler-Chrysler, lo proponen a partir de diferentes versiones de KDD (*Knowledge Discovery in Databases*)<sup>3</sup> (Aquino , Molero-Castillo, & Rojano, 2015).

CRISP-DM, estructura el desarrollo de un proyecto de *data mining*, en una serie de seis fases, con sucesiones no necesariamente rígidas. Cada fase es descompuesta en varias tareas generales de segundo nivel. Las tareas generales se proyectan a tareas específicas, en las cuales finalmente se describen las acciones que deben ser desarrolladas, para situaciones específicas (Gallardo Arancibia, 2009).

Las fases que componen CRISP-DM se describen a continuación (Gallardo Arancibia, 2009):

- Comprensión del negocio o problema: Tiene con objetivo convertir el conocimiento del negocio de telecomunicaciones, puntualmente en actividades que se realicen en

---

<sup>1</sup> SEMMA (*Sample, Explore, Modify, Model, Assess*) es una metodología creada por SAS *Institute* (*Statistical analysis Systems*), quien la define como el proceso de selección, exploración y modelado de grandes volúmenes de datos para descubrir patrones de interés (Aquino , Molero-Castillo, & Rojano, 2015).

<sup>2</sup> DMAMC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) es un sistema de mejora que se utiliza para desarrollar nuevos procesos o productos en los niveles de calidad Six Sigma. Six Sigma es un enfoque y una metodología basados en datos para eliminar defectos (conduciendo hacia seis desviaciones estándar entre la media y el límite de especificación más cercano). (Isixsigma, 2005)

<sup>3</sup> KDD (*Knowledge Discovery in Databases*) descubrimiento de conocimiento en bases de datos es un proceso iterativo, que consta de una serie de fases para la generación de conocimiento y la toma de decisiones (Aquino , Molero-Castillo, & Rojano, 2015).

campo, en un problema de *data mining*; con el fin de convertir los objetivos del negocio en objetivos técnicos.

- **Comprensión de los datos:** Comprende la recolección inicial de datos, con el objetivo de identificar su calidad y establecer las relaciones más evidentes que permitan definir las primeras hipótesis.
- **Preparación de los datos:** Se procede con la preparación de los datos para adaptarlos a las técnicas de *data Mining* que se utilicen posteriormente. Esta fase incluye selección de datos, limpieza, generación de variables adicionales, integración de diferentes orígenes de datos y cambios de formato.
- **Modelado:** En esta fase y después de analizar criterios y disponer de datos adecuados, se realizan actividades como la selección de la técnica de modelado, generación del plan de prueba y construcción del modelo.
- **Evaluación:** Se evalúa el modelo, teniendo en cuenta el cumplimiento de los criterios de éxito del problema.
- **Implementación:** Una vez que el modelo ha sido construido y validado, se transforma el conocimiento obtenido en acciones dentro del proceso de negocio, aplicando el modelo a diferentes conjuntos de datos o como parte del proceso.

Entonces, a continuación se desarrolla este trabajo, siguiendo los lineamientos relevantes de CRISP-DM, dado que en la literatura más relevante se ha evidenciado que esta metodología es robusta para desarrollar proyectos relacionados con análisis de datos.

## **2. Caracterización y categorización según el perfil del cliente**

### **2.1 Información disponible**

La base de datos utilizada contiene información del ingreso de solicitudes de daños de 12.205 clientes a nivel nacional y 5 variables correspondientes al servicio de telecomunicaciones de estos. Esta base de datos comprende registros del 1 de enero hasta el 31 marzo 2021 y el primer filtro realizado incluye la reducción de variables y el etiquetado.

### **2.2 Caracterización de las variables**

#### **2.2.1 Preparación de los datos**

Inicialmente se realiza la preparación de los datos para adaptarlos a la técnica de minería de datos que se utilicen posteriormente. Este proceso incluye los siguientes ítems (Gallardo Arancibia, 2009):

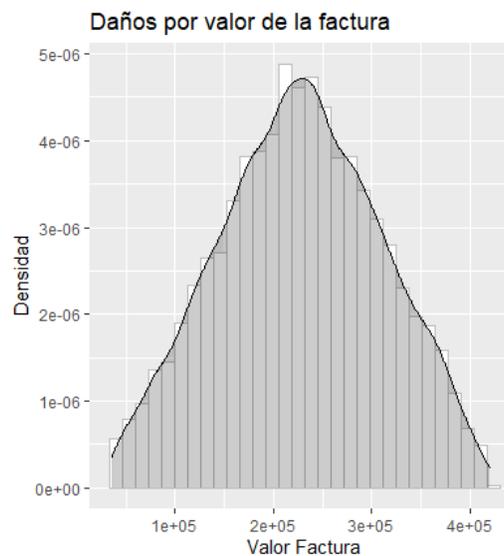
- Selección de datos considerando las variables de identificador de la solicitud, fecha del daño actual, fecha daño anterior, valor de la factura y número de daños en los últimos 30 días.
- Conversión de las variables fecha a tipo de datos fecha.
- Eliminación de registros con valores ausentes, reduciendo el número de registros a 11.351 de los 12.205 clientes iniciales (93%).
- Creación e integración de la variable recencia a la base de datos, mediante el cálculo de la diferencia en días entre la fecha del daño actual y la fecha del daño anterior.

## 2.2.2 Análisis descriptivo de las variables

Después de la preparación de los datos, se procede con la descripción y análisis de las variables para entender su comportamiento.

- La *Figura 1* presenta el monto de la factura en pesos colombianos. Esta se tiene un valor mínimo de \$35.173 y máximo de \$419.803. En promedio los clientes tienen un valor promedio mensual de \$227.389 COP (pesos colombianos). Visualmente los daños por el valor de la factura tienen una distribución normal, lo que permite describirlos como una variable aleatoria<sup>4</sup> a partir de una función dependiente de la media y la desviación típica.

**Figura 1.** Distribución de daños por monto de la factura



- La *Figura 2* presenta el número de daños que ha tenido el cliente en un rango de 30 días móviles. De los clientes totales de la base de datos 6.712 clientes han tenido un daño en los últimos 30 días (59,1%) y 2.106 clientes han tenido dos daños (18,6%). Se podría decir que el Pareto<sup>5</sup> de esta distribución se encuentra en menor o igual a 3 daños

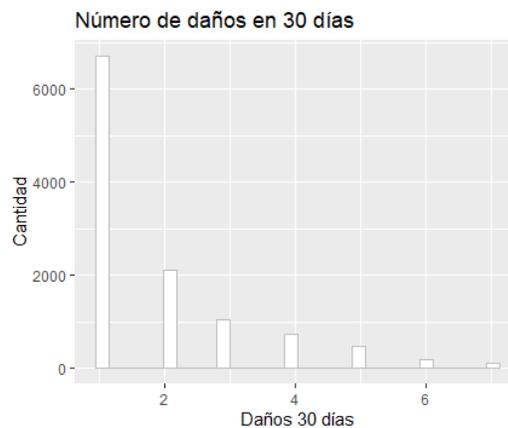
---

<sup>4</sup> Variable aleatoria. Función que asigna un valor al resultado de un experimento aleatorio (Ruiz Hernández, Huerta, & Armando, 2013)

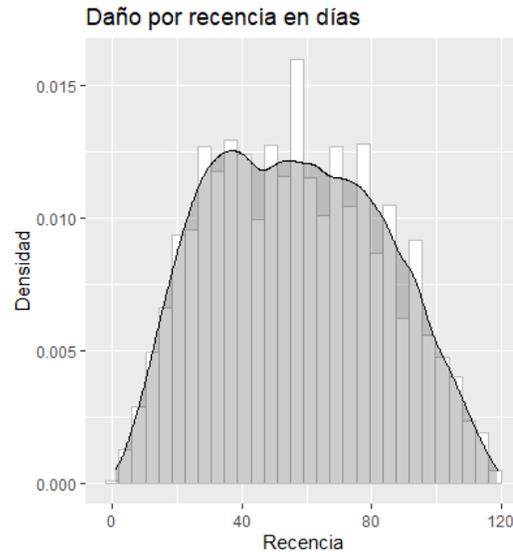
<sup>5</sup> Ley de Pareto. Herramienta de calidad conocida como la ley del 20-80, donde el 20% de la población es la que provoca el 80 % de los problemas (Bonet Borjas, 2005).

con el 87% de los clientes en la base de datos. El número de daños afecta en gran nivel la experiencia cliente, dado que implica realizar una solicitud y esperar el proceso que la compañía realice.

**Figura 2.** Frecuencia de daños en 30 días



- La *Figura 3* presenta el número de días entre el último daño y el daño actual por cliente. Esta diferencia es nombrada recencia y su valor promedio es de 56 días, es decir en promedio los clientes que componen la base de datos tienen un nuevo daño pasados 56 días después de una solicitud. El primer cuantil de la recencia es de 35 días y el tercer cuantil de 77 días, lo que indica que el 25% de los clientes tienen un nuevo daño después de 35 días y el 75% de clientes después de 77 días.

**Figura 3.** Distribución de la recencia por cliente

## 2.3 Categorización según el perfil del cliente

El crecimiento exponencial de los datos es inminente en diferentes áreas, como la economía, salud, biología, construcción, ingenierías, telecomunicaciones, entre otras. Este crecimiento de datos hace de la minería de datos una herramienta robusta que permite analizar tendencias, patrones y comportamientos de relaciones entre diferentes variables en un mismo o diferente entorno (Larson & Chang, 2016).

Las técnicas de minería de datos incluyen técnicas de clasificación, agrupamiento, asociación, árboles de decisión, análisis de regresión, redes neuronales artificiales, entre otras. En el ámbito de la atención de clientes se usan diferentes modelos para su clasificación, entre estos, se encuentra el modelo RFM (Recencia, Frecuencia y Monto), el cual es descrito por (Ching-Hsue & You-Shyang, 2009).

El modelo RFM categoriza los clientes según tres atributos (Recencia, Frecuencia y Monto), con el fin de lograr una categorización según el perfil del cliente que maximice los beneficios, tanto para el cliente como para una compañía (Ching-Hsue & You-Shyang, 2009).

## 2.4 Definición y Metodología

El modelo RFM es uno de los modelos de análisis del valor del cliente ampliamente conocido en el contexto comercial (Ching-Hsue & You-Shyang , 2009), su ventaja es que permite extraer características de los clientes utilizando menos criterios como atributos de un clúster con baja complejidad (Kaymak, 2001); además, es un método para medir la solidez de la relación con el cliente (Schijns & Schröder, 1996), con lo cual es posible disminuir los costos de retención de un cliente actual en relación de adquirir uno nuevo (Kotler, 1994).

Además, según (Newell, 1997) el método RFM tiene atributos muy efectivos para la segmentación de clientes en diferentes sectores. El modelo RFM propuesto por (Hughes, 1994), permite categorizar grandes volúmenes de clientes, según tres variables o atributos, el tiempo de su último requerimiento o compra, la frecuencia y el monto de dinero. A continuación, el detalle de estos (Ching-Hsue & You-Shyang , 2009):

- Antigüedad de la última compra (R): Representa la recencia, que se refiere al intervalo entre el momento en que ocurre la última iteración cliente compañía y el presente. Cuanto más corto sea el intervalo, mayor será R. En este caso R serán los días transcurridos entre el ingreso del último daño del cliente y la fecha del daño actual.
- Frecuencia de las compras (F): Representa la frecuencia, que se refiere al número de transacciones en un período en particular. Cuanto mayor sea la frecuencia, mayor será F. En este caso F representa el número de daños que ha tenido en cliente en un periodo de 30 días.
- Valor monetario (M): Representa el monto, que se refiere a la cantidad de dinero de consumo en un período particular. Cuanto más monto, mayor es M, este es el valor de la factura mensual del cliente en sus servicios fijos de telecomunicaciones.

En este estudio se realiza una exploración en la literatura para comparar el proceso en el sector comercial en contraste con el proceso que se estudia en este trabajo (caso de estudio). La *Tabla 1* relaciona lo encontrado en la literatura según (Ching-Hsue & You-Shyang , 2009) y la comparación en el caso de estudio, donde se evidencia que ambos procesos son similares

**Tabla 1.** Comparación modelo RFM sector comercial y caso de estudio

Atributo	Sector Comercial	Caso de estudio
R	Mayor nivel de R, mayor probabilidad de compra en corto tiempo.	A nivel mayor de R, mayor probabilidad de inconformidad con el servicio. Es decir, a menor tiempo transcurrido desde el ultimo daño mayor inconformidad con el servicio.
F	Mayor nivel de F, mayor probabilidad de nuevas compras.	A nivel mayor de F, mayor probabilidad de abandono de la compañía. Es decir, a mayor número de daños mayor probabilidad de abandono de la compañía.
M	A nivel mayor de M, mayor probabilidad de compra por un valor similar.	A nivel mayor de M, mayor probabilidad de inconformidad con el servicio. Es decir, a mayor valor de la factura mayor probabilidad de inconformidad.

Conjuntamente, en la literatura se encuentran dos teorías básicas, la de Hughes (1994) (Hughes, 1994) y la de Stone (1995) (Stone, 1995) que proponen el peso para cada uno de los atributos del modelo RFM. Hughes (1994) considera que las tres variables son iguales en importancia, por lo tanto, los pesos de las tres variables son idénticos. Por su parte, Stone (1995) indica que las tres variables tienen diferente importancia debido a las características de la industria, por tanto, los pesos de las tres variables no son iguales. Además, se ha evidenciado que la propuesta de Hughes menos intensiva computacionalmente y en la práctica se obtienen los mismos resultados que la propuesta de Stone; entonces, la propuesta de Hughes es parsimoniosa y es la utilizada para la categorización de los clientes.

## 2.5 Selección de variables

Según el modelo RFM las variables necesarias para la categorización según el perfil del cliente y que están contenidas en la base de datos son:

- Recencia (R): Número de días entre el daño anterior y el daño actual.
- Frecuencia (F): Número de daños reportados por el cliente en una ventana de 30 días móviles.
- Monto (M): Valor de la factura mensual del cliente en sus servicios fijos de telecomunicaciones.

## 2.6 Modelo RFM y categorización

El procedimiento establecido para realizar la categorización del cliente a través del modelo RFM consta de los siguientes pasos:

### 2.6.1 Generar tabla RFM

La construcción de la tabla RFM consta de los subpasos que se describen a continuación:

- Definir el peso de cada atributo. En este caso la recencia, frecuencia y monto tendrán el mismo peso, siguiendo la teoría de Hughes (1994).
- Definir la escala de los tres atributos RFM. En la que se utilizan cuantiles para cada una de las variables, lo que permite dividir las observaciones en grupos de igual tamaño. Por ejemplo, para la variable recencia:
  - Para un 20% de los clientes han transcurrido más de 83 días desde su último daño.
  - Para otro 20% de los clientes han transcurrido entre 65 y 82 días desde su último daño.
  - Para otro 20% de los clientes han transcurrido entre 49 y 64 días desde su último daño.
  - Para otro 20% de los clientes han transcurrido entre 32 y 48 días desde su último daño.
  - Para otro 20% de los clientes han transcurrido entre 1 y 30 días desde su último daño.

Estos intervalos permiten asignar a cada registro por cada variable un puntaje. Por ejemplo, si un cliente tiene una recencia de 30 días pertenecerá al grupo 5; mientras que un cliente con recencia de 50 días pertenecerá el grupo 3. A continuación, en la *Tabla 2* un resumen de este paso para 10 registros aleatorios.

**Tabla 2.** Resumen tabla RFM

Registro	Recencia	Frecuencia	Monto	Puntaje de Recencia	Puntaje de Frecuencia	Puntaje de Monto
1	63	1	\$209.843	3	1	3
2	63	1	\$277.870	3	1	4
3	93	2	\$245.052	1	3	3
4	91	2	\$109.474	1	3	1
5	75	2	\$231.098	2	3	3
6	63	1	\$353.419	3	1	5
7	16	2	\$269.858	5	3	4
8	78	2	\$111.369	2	3	1
9	63	1	\$282.157	3	1	4
10	100	2	\$38.460	1	3	1

### 2.6.2 Generar puntuación RFM

Luego, de calcular los valores individuales para cada variable, según Hughes (1994), se calcula el puntaje RFM mediante la siguiente formula:

*Puntuación de RFM*

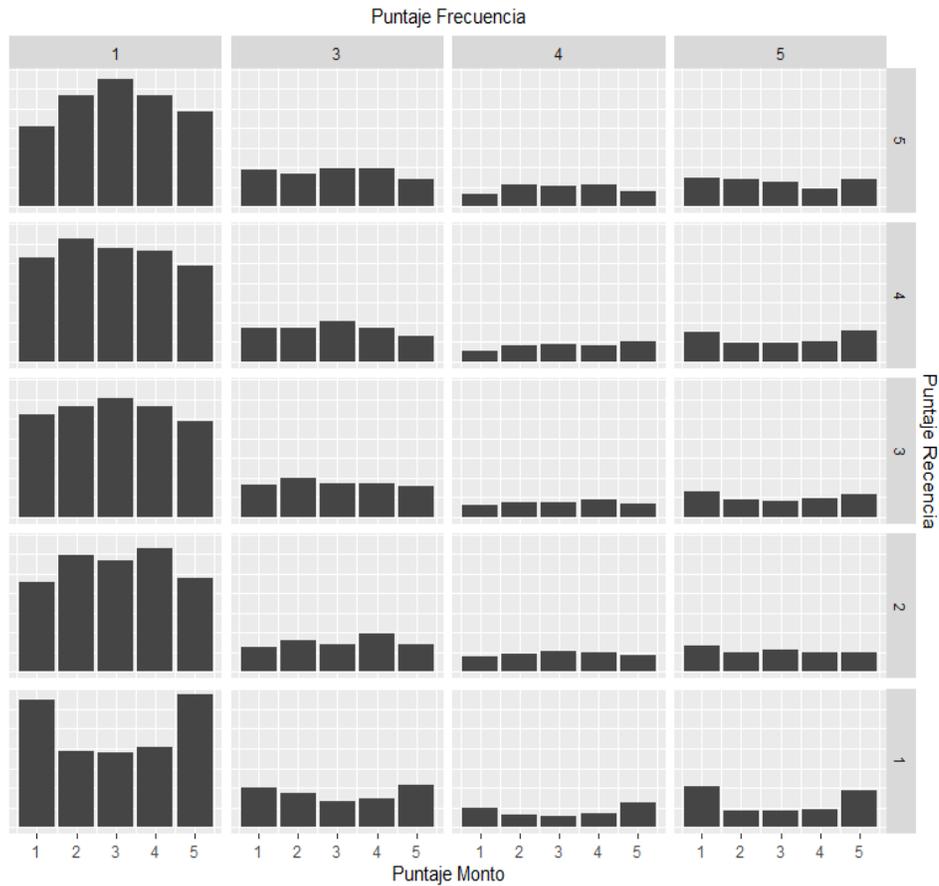
$$= \text{Puntuación de recencia} * 100 + \text{Puntuación de frecuencia} * 10 \\ + \text{Puntuación monetaria}$$

La *Tabla 3* muestra las puntuaciones individuales de actualidad, frecuencia y monetaria, así como la puntuación RFM. Para el caso de estudio y según la distribución de los datos nombrada en este capítulo sección 2.2, el modelo RMF produjo, para la recencia y el monto quintiles y para la frecuencia cuartiles, en el que en todos los casos el grupo 5 es el más crítico.

**Tabla 3.** Resumen tabla RFM y puntuación total

Registro	Recencia	Frecuencia	Monto	Puntaje Recencia	Puntaje Frecuencia	Puntaje Monto	Puntaje RFM
1	63	1	\$209.843	3	1	3	313
2	63	1	\$277.870	3	1	4	314
3	93	2	\$245.052	1	3	3	133
4	91	2	\$109.474	1	3	1	131
5	75	2	\$231.098	2	3	3	233
6	63	1	\$353.419	3	1	5	315
7	16	2	\$269.858	5	3	4	534
8	78	2	\$111.369	2	3	1	231
9	63	1	\$282.157	3	1	4	314
10	100	2	\$38.460	1	3	1	131

La *Figura 4* presenta la distribución de puntajes monetarios, para las diferentes combinaciones de los puntajes de frecuencia y recencia. El puntaje objetivo en la frecuencia presenta una mayor concentración de datos, debido a la distribución de la variable presentada en el análisis descriptivo (capítulo 2 sección 2.2).

**Figura 4.** Gráfico de barras modelo RFM

### 2.6.3 Definir segmentos

Posteriormente, se realiza la categorización de los clientes en segmentos, que indican la agenda a ofrecer, para realizar la reparación del daño según el modelo RFM. Entonces, cada cliente que ingrese un daño a la compañía de telecomunicaciones estará categorizado en 4 segmentos que corresponden a un rango de horas en que será agendado su daño para la atención en campo (*Tabla 4*).

**Tabla 4.** Categorización del cliente según modelo RFM

Segmento	Descripción	Puntaje Recencia	Puntaje Frecuencia	Puntaje Monto
Agenda <12	Clientes con un daño menor o igual 30 días, con 4 o más daños en 30 días y con una factura superior a \$248.736	5	5	4-5
Agenda 12-24	Clientes con un daño menor o igual 49 días, con 3 o más daños en 30 días y con una factura superior a \$206.728	3-4-5	4-5	3-4-5
Agenda 24-48	Clientes con un daño menor o igual 65 días, con 2 o más daños en 30 días y con una factura superior a \$154.058	2-3-4-5	3-4-5	2-3-4-5
Agenda 48-72	Otros clientes	<5	<5	<5

En la *Tabla 5* se presenta la categorización según el modelo RFM de los clientes contenidos en la base de datos de este estudio, según esta solo el 1% de los clientes deben recibir un agendamiento menor a 12 horas, el 7% de los clientes deben recibir un agendamiento entre 12 y 24 horas, el 18% de los clientes deben recibir un agendamiento entre 24 y 48 horas y los clientes restantes (74%) deben recibir un agendamiento entre 48 y 72 horas.

**Tabla 5.** Categorización del cliente según modelo RFM

Segmento	Clientes	% Clientes
Agenda < 12	114	1%
Agenda 12-24	784	7%
Agenda 24-48	2.045	18%
Agenda 48-72	8.408	74%
Total	11.351	100%

## 2.7 Métricas de evaluación

Luego, de obtener una categorización para los clientes según el modelo RFM, se realiza una comparación con la categorización, según reglas heurísticas; estas son aquellas que con base en un conocimiento previo, como puede ser un sistema experto, manejan la historia como una base de conocimiento que indica que acción tomar (López Espindola, Martínez Alcántara, & Guzmán Arenas, 2006), de tal forma que se maximice los beneficios tanto para el cliente como para la compañía.

En la tabla 6 se define la categorización según reglas heurísticas con base en las variables de recencia, frecuencia y monto, es decir, la categorización según reglas sencillas derivadas por conocimiento experto y las métricas de los datos para orientar la toma de decisiones y explicar cómo se clasifican los clientes.

**Tabla 6.** Categorización del cliente reglas heurísticas

Segmento	Descripción
Agenda < 12	Clientes con un daño menor o igual a 30 días, con 4 o más daños en 30 días y con una factura superior o igual a \$300.000
Agenda 12-24	Clientes con un daño menor o igual a 60 días, con 3 o más daños en 30 días y con una factura superior o igual a \$200.000
Agenda 24-48	Clientes con un daño menor o igual a 90 días, con 2 o más daños en 30 días y con una factura superior o igual a \$150.000
Agenda 48-72	Otros clientes

Seguido se realiza una comparación empleando una matriz de confusión, para una clasificación multiclase, la cual está compuesta por columnas donde se encuentra la clasificación según el modelo RFM y filas en las que se encuentra la clasificación según las reglas heurísticas, lo que permite tener una representación gráfica del desempeño del modelo de categorización (Sokolova & Lapalme, 2009). La *Figura 5* presenta la matriz de confusión multiclase, para una muestra aleatoria de 1.000 clientes de la compañía de telecomunicaciones.

**Figura 5.** Matriz de confusión multiclase

		Categorización Modelo RFM			
		Agenda < 12	Agenda 12-24	Agenda 24-48	Agenda 48-72
Reglas heurísticas	Agenda < 12	9	5	0	0
	Agenda 12-24	0	51	3	0
	Agenda 24-48	0	1	183	0
	Agenda 48-72	0	0	33	715

Para evaluar la calidad del modelo se utiliza la métrica de exactitud, la cual consiste en la división de los clientes clasificados correctamente entre el número total de clientes clasificados (Sokolova & Lapalme, 2009). En este caso de estudio el modelo RFM tiene una exactitud del 95.8%, es decir el 95.8% de los clientes están bien categorizados respecto a las reglas heurísticas.

## 2.8 Conclusión

El modelo de RFM categoriza los clientes según tres principales atributos (Recencia, Frecuencia y Monto) (Ching-Hsue & You-Shyang , 2009) , con el fin de lograr maximizar los beneficios, tanto para el cliente como para la compañía. Este modelo utiliza cuantiles, para cada variable lo que permite dividir las observaciones en grupos de igual tamaño, los cuales finalmente permiten asignar a cada registro un puntaje total que dará un segmento o categoría.

Después de emplear este modelo, se obtiene para cada cliente que ingrese una solicitud de daño un segmento u rango de horas en que será agendado la reparación en campo. Este modelo presenta una métrica de exactitud del 95.8%, respecto a una categorización con reglas heurísticas bajo un sistema de expertos.



## **3. Modelado del Proceso del Negocio y Estimación de Escenarios**

En los últimos años el avance tecnológico ha provocado que las compañías prestadoras de servicios estén en la capacidad de cubrir con eficiencia y eficacia las necesidades de la población, brindando soluciones integrales para sus clientes (Córdova & Cinthia, 2015). Estas compañías han incursionado en la integración de la tecnología a los procesos, permitiendo la generación de impactos positivos y el crecimiento funcional y operativo de estos (Córdova & Cinthia, 2015).

Uno de los procesos de la compañía de telecomunicaciones es la estimación de la demanda operativa, el cual actualmente presenta riesgos que impactan negativamente los tiempos de atención al cliente y la calidad del servicio prestado.

La optimización del proceso de estimación de la demanda operativa se realiza utilizando gestión de procesos de negocio o BPM (*Business Process Management*) en Bizagi Modeler, dado que según la literatura la aplicación de BPM reduce los tiempos de gestión de solicitudes en un 80% aumentando la satisfacción del cliente, y reduce entre un 50% y 60% los costos administrativos, obteniendo un importante ahorro financiero (Robledo, 2011).

### **3.1 Definición y Metodología**

La gestión de procesos de negocio o por sus siglas en inglés BPM, es un sistema de gestión enfocado en perseguir la mejora continua del funcionamiento de las actividades empresariales, mediante la identificación, selección, descripción, documentación y mejora de procesos. El BPM es considerado como una disciplina de gestión empresarial enfocada a los procesos de negocio (Trilles Farrington, 2011).

El BPM pretende no solo ser teórico, por lo que se utilizan herramientas BPMS (*Business Process Management Suite*) que facilita crear mapas de procesos y sus variables. BPMS es el software que soporta BPM y tiene un enfoque práctico, que permite plantear procesos teóricos, automatizarlos, controlar su cumplimiento y proporcionar los análisis necesarios para su mejora continua (Trilles Farrington, 2011). El BPMS utilizado en el presente trabajo es Bizagi Modeler.

Bizagi Modeler es un software de mapeo de procesos, que permite a las compañías crear y documentar procesos de negocio, para obtener un mejor entendimiento de cada paso e identificar las oportunidades de mejora, a través de la creación, interpretación y optimización de diagramas de flujo de trabajo utilizando BPMN (*Business Process Model and Notation*)<sup>6</sup> (Bizagi User guide Studio, 2021). A demás de la identificación y eliminación de cuellos de botella, mediante la simulación de procesos (Bizagi, 2021).

## 3.2 Modelado del proceso

El primer paso para crear el modelo en Bizagi Modeler es diseñar el flujo del proceso, también conocido como cadena de actividades. El flujo del proceso es la estructura fundamental del proyecto, donde se incluyen variables y elementos del proceso de la compañía (Bizagi User guide Studio, 2021).

Para crear el modelado para la ejecución, inicialmente se definen los participantes del proceso. En este caso son el call center en el que se recibe el reporte de daño del cliente y el área de reparación en campo. Seguido se realiza el modelado bajo el BPMN, en el cual los aspectos gráficos se organizan en las siguientes formas específicas:

### 3.2.1 Actividades

Representan las tareas realizadas por los miembros de la compañía y pueden ser automáticas o manuales. Las actividades se clasifican en tareas y subprocessos. Las tareas se utilizan cuando la actividad no se puede dividir en más detalle, usualmente es realizado

---

<sup>6</sup> BPMN (Business Process Model and Notation) El modelo y notación de procesos de negocio es un es una notación gráfica creada para proveer un lenguaje unificado de acepción mundial, utilizada para la especificación de procesos de negocio (Bizagi User guide Studio, 2021).

por una persona o aplicación. Los subprocesos son actividades compuestas que incluyen por dentro un proceso (Bizagi User guide Studio, 2021). A continuación, las actividades que componen el proceso de este estudio.

**Tareas:**

- Agendamiento según categorización del cliente: Esta actividad está desarrollada en el capítulo 2 de este documento. En esta actividad se le asigna una cita de reparación al cliente según la categorización del modelo RFM.
- Enviar a reagendar solicitud: Cuando el cliente no acepta la cita propuesta se envía la solicitud a un grupo encargado en contactarlo cuando se abran días futuros.
- Reagendar vista con el cliente: Brindar otra cita al cliente.
- Marcar pendiente: La reparación no ha sido realizada con éxito y permanece como una solicitud pendiente.
- Escalar solicitud Infraestructura: No es posible realizar la reparación y se debe enviar al grupo avanzado de infraestructura (grupo encargado de correcciones en red externa).
- Escalar solicitud plataformas: No es posible realizar la reparación y se debe enviar al grupo avanzado de plataformas (grupo encargado de correcciones en sistemas de información).

**Subprocesos**

- Asistir a la visita en las premisas del cliente: Subproceso en el que el recurso operativo (técnico) asiste al domicilio del cliente.
- Diagnosticar daño en la premisa del cliente: Subproceso en el cual el recurso operativo realiza el diagnóstico de la causa raíz del daño reportado.
- Ejecutar reparación: Subproceso en el que el recurso operativo ejecuta la reparación.

**3.2.2 Compuertas**

Determinan ramificaciones, bifurcaciones, combinaciones y fusiones en el proceso. Las compuertas implican que hay un mecanismo de puerta que permite o no permite el paso a través de estas. Las compuertas que componen el proceso de este estudio son:

- El cliente acepta agenda: El cliente puede aceptar o rechazar la agenda (cita) propuesta.
- Daño visitado: El recurso operativo llega a las premisas del cliente (hogar, local, etc.).
- Cliente localizado: El cliente es localizado en su premisa y puede atender al técnico reparador.
- Daño reparado: Reparación de la solicitud con un estado satisfactorio.
- Requiere escalamiento infraestructura: La solicitud se debe enviar al grupo avanzado de infraestructura.
- Requiere corrección en plataformas: La solicitud se debe enviar al grupo avanzado de plataformas.

### **3.2.3 Eventos**

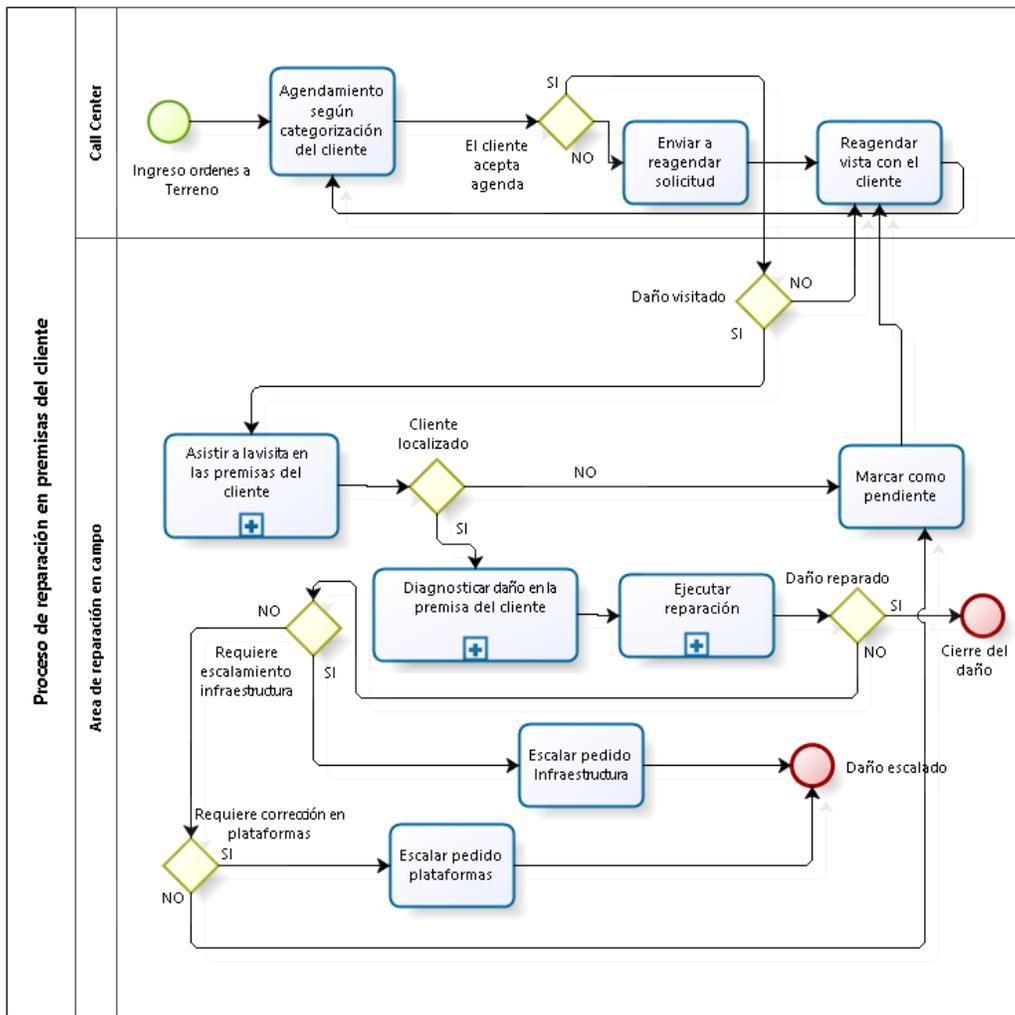
Es un acontecimiento que ocurre durante el proceso y afecta su flujo. Por ejemplo, evento de iniciación y evento de finalización y conectores. Los eventos contenidos en el actual proceso son:

- Ingreso de órdenes a terreno: Evento de iniciación del proceso de reparación.
- Cierre del daño: Evento de finalización del proceso de reparación.
- Daño escalado: Evento donde el daño es escalado y no se obtiene solución.

### **3.2.4 Modelado para la ejecución**

Una vez estas definidas las actividades, compuertas y eventos, se procede con la diagramación del proceso a través de la notación BPMN.

Figura 6. Modelado proceso de reparación en premisas del cliente



### 3.3 Simulación

La simulación del proceso en Bizagi Modeler sirve para evaluar el desempeño de un modelo, teniendo en cuenta diferentes configuraciones en diferentes periodos de tiempo. La simulación permite obtener hallazgos para reducir probabilidades de incumplimiento de indicadores, eliminación de cuellos de botella y prevenir el sobredimensionamiento o subdimensionamiento de recursos (Bizagi User guide Studio, 2021). En fin, permite optimizar el rendimiento del proceso (Maria, 1997), apoyar la toma de decisiones e impulsar su mejora continua.

La simulación comienza con la validación del proceso en el cual se valida el modelo anteriormente construido (capítulo 3 sección 3.2.4), asegurando que este atraviese correctamente a través de los flujos de secuencia. Lo anterior permite que las compuertas estén sincronizadas, las probabilidades de decisión están debidamente definidas y el enrutamiento del proceso se comporte de acuerdo con lo esperado (Bizagi User guide Studio, 2021). En la validación del proceso es necesario definir:

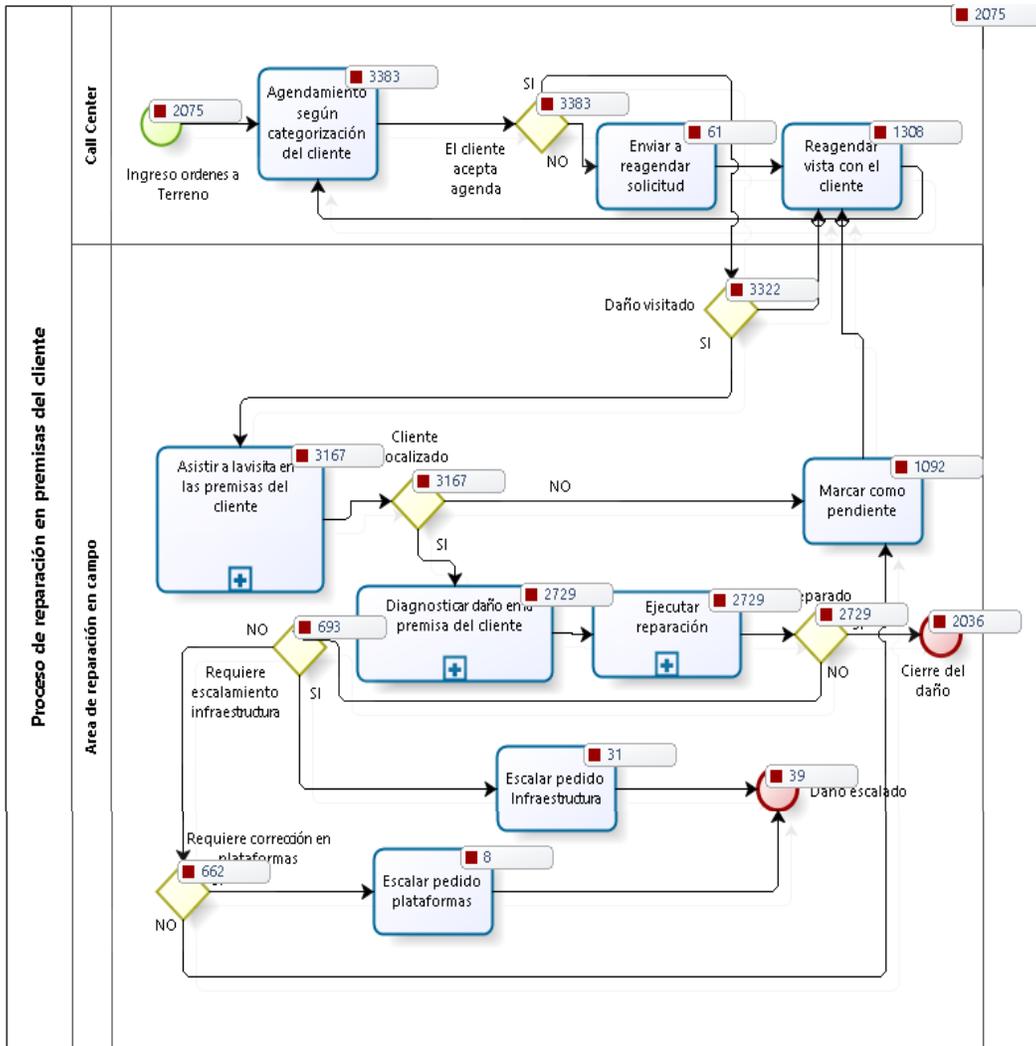
- Número máximo de llegadas: En este caso se refiere al número máximo de solicitudes de reparación en campo que ingresan diariamente al call center, 2.075 solicitudes a en una región específica.
- Enrutamiento de compuertas: Para las compuertas se requiere definir las probabilidades de su frecuencia de activación. Estas probabilidades se entren 0% y 100% y para este caso de estudio son (*Tabla 7*):

**Tabla 7.** Probabilidad de las compuertas

Compuerta	SI	NO
El cliente acepta agenda	98%	2%
Daño visitado	96%	4%
Cliente localizado	86%	14%
Daño reparado	74%	26%
Requiere escalamiento infraestructura	4%	96%
Requiere corrección en plataformas	1%	99%

Al tener definidos los datos, se procede con la ejecución de la simulación, en la cual se pueden ver las herramientas de análisis que permiten identificar el número de instancias completadas (se completan 2.075 instancias o solicitudes de reparación de daños en las premisas del cliente), número de casos creados (2.075), número de casos que activan cada elemento y número de casos terminados. El resultado de esta simulación se puede observar en la *Figura 7*, en la que se presenta la demanda operativa, para el proceso actual es de 3.167 visitas en campo, es decir de las solicitudes de daños ingresados la demanda operativa es 153%. Adicional esta simulación permite encontrar reprocesos en otras etapas, como en el agendamiento, pues de 2.075 ingresos de daños se realiza un proceso de agendamiento en 3.383 oportunidades, lo que implica un reproceso del 163%.

Figura 7. Resultado gráfico de la simulación



### 3.4 Análisis ¿What if?

¿What if? es un método de simulación que permite evaluar bajo diferentes modificaciones estratégicas, tácticas u operativas, la afectación del proceso. Esto se realiza a través del uso de escenarios y su análisis; permitiendo realizar análisis hipotéticos del proceso para evaluar, comprender y predecir efectos de tomar diversas decisiones (Bizagi User guide Studio, 2021). Para realizar un análisis hipotético, primero se crean los escenarios,

seguido se ejecuta la simulación y finalmente se seleccionan los escenarios para la comparación.

### 3.4.1 Definición de escenarios

Con el fin de analizar diferentes entradas de los datos y sus resultados, se procede a crear varios escenarios para el modelo del proceso, los cuales son independientes entre sí. Estos escenarios son presentados en la *Tabla 8* y fueron definidos como el mejor y el peor de los casos que se ha presentado en el proceso en un tiempo definido, según un sistema experto. Estos escenarios y el escenario actual permitirán responder preguntas como:

- ¿En cuánto se disminuirá la demanda operativa si el cliente acepta la agenda que se le ofrece según su categorización?
- ¿Cuál sería el efecto de que todos los clientes estén localizados?
- ¿Cuánto incrementarían los cierres de daños, si todos los daños se pueden reparar?

**Tabla 8.** Definición de escenarios

Compuerta	Mejor escenario		Peor escenario	
	SI	NO	SI	NO
El cliente acepta agenda	99%	1%	90%	10%
Daño visitado	99%	1%	90%	10%
Cliente localizado	99%	1%	75%	25%
Daño reparado	99%	1%	60%	40%
Requiere escalamiento infraestructura	1%	99%	10%	90%
Requiere corrección en plataformas	1%	99%	10%	90%

### 3.4.2 Ejecución y comparación de escenarios

Una vez se han creado y configurado los escenarios, se procede con la ejecución del análisis *what-if*, en el cual, se corren las simulaciones para los tres escenarios y se genera el reporte comparativo, presentado en la *Tabla 9*. Por ejemplo, para el mejor de los casos con 2.075 solicitudes de daños ingresadas, se deberá realizar el proceso de agendamiento

en 2.168 oportunidades, mientras que el peor de los casos se debe realizar en 4.984 oportunidades mientras que en este momento se realiza 3.383 veces.

En cuanto a la demanda operativa que actualmente debería de encontrarse en 3.167 actividades (visitas en campo), en el mejor de los escenarios con ingreso de solicitudes de 2.075 daños, será 2.017 y en el peor de los casos 4.030.

**Tabla 9.** Comparación de escenarios

Nombre	Mejor escenario	Escenario actual	Peor escenario
Proceso de reparación en premisas del cliente	2.075	2.075	2.075
Ingreso órdenes a Terreno	2.075	2.075	2.075
Agendamiento según categorización del cliente	2.168	3.383	4.984
Enviar a reagendar solicitud	19	61	516
Reagendar vista con el cliente	93	1.308	2.909
Asistir a la visita en las premisas del cliente	2.117	3.167	4.030
Marcar como pendiente	42	1.092	1.955
Diagnosticar daño en la premisa del cliente	2.092	2.729	3.026
Ejecutar reparación	2.092	2.729	3.026
Cierre del daño	2.075	2.036	1.850
Escalar pedido Infraestructura	0	31	118
Escalar pedido plataformas	0	8	107
Daño escalado	0	39	225

### 3.5 Conclusión

El *Business Process Management* o BPM, permite realizar la descripción de proceso de estimación de la demanda operativa persiguiendo la mejora continua del funcionamiento de las actividades, mediante la utilización de un BPMS, en este caso Bizagi Modeler, donde se puede crear el mapa del proceso (actividades, compuertas y eventos), automatizarlo, controlar su cumplimiento y proporcionar los análisis necesarios, para su mejora continua.

La simulación del proceso en Bizagi Modeler sirve para evaluar el desempeño del modelo de proceso, teniendo en cuenta diferentes configuraciones, lo cual permite obtener hallazgos para reducir probabilidades de incumplimiento, eliminación de cuellos de botella y prevención de sub o sobredimensionamiento. En la simulación se realiza la validación del proceso, la ejecución de este y la comparación de varios escenarios. De este último se puede concluir:

- La estimación de la demanda operativa depende estrictamente del desarrollo del modelo de proceso y de los valores en sus diferentes instancias (eventos, compuertas y actividades).
- La demanda operativa no será igual al número de solicitudes de daños ingresados, dado que depende de variables como la aceptación de la agenda por parte del cliente, si el cliente es o no localizado, el número de daños pendientes que requiere otra visita y si estos han sido escalados a un nivel avanzado (infraestructura o plataformas).
- Actualmente la demanda operativa es 153% el ingreso de solicitudes de daños, mientras que en el mejor de los escenarios sería de 102%, es decir una reducción de 51%. En el peor de los escenarios sería de 194% veces, es decir un aumento de 42% frente al escenario actual.
- En el mejor de los escenarios los daños cerrados son iguales a los daños ingresados, mientras que en el peor escenario solo se cierra el 89% de los daños y el 11% se escala a grupo avanzados, lo que impacta directamente la experiencia del cliente, dado que debe esperar que se realice otro tipo de proceso.

## 4. Conclusiones

En el presente trabajo se utiliza el modelo de RFM (Recencia, Frecuencia y Monto) descrito por (Ching-Hsue & You-Shyang , 2009) para categorizar el perfil del cliente; mientras que, para analizar prospectivamente la demanda operativa se modela y se estiman diversos modelos de procesos del negocio siguiendo la metodología de *Business Process Management* o BPM (Trilles Farrington, 2011).

Los resultados encontrados evidencian que es posible analizar integralmente la demanda operativa y que la incorporación del perfilado del cliente en su análisis reúne información relevante, para tomar decisiones respecto a la atención de las solicitudes.

A continuación, por cada objetivo de este trabajo se concluye:

### **4.1 Objetivo 1. Caracterizar las variables atribuibles al perfil del cliente, para la prestación del servicio de telecomunicaciones.**

Una vez realizada la comprensión del negocio y entendimiento del problema, es necesario realizar la comprensión de los datos y la preparación de estos. El proceso de comprensión abarca la recolección, descripción y verificación de la calidad de los datos, mientras la preparación de datos incluye temas como la selección, limpieza e integración de estos. Ambos procesos son necesarios para adaptar los datos a la técnica de minería de datos que se utilicen posteriormente.

En este trabajo se contó con 11.351 registros de solicitudes de daños, el 93% de la base de datos inicial, considerando variables como la recencia, la cual se calculó a partir de dos variables de la base de datos, la frecuencia y el monto. Las variables de recencia y monto

son variables continuas, y la primera visualmente sigue una distribución normal. La frecuencia es una variable discreta y presenta el 59% en solo uno de sus valores (el 59% de los clientes han registrado un daño en 30 días).

## **4.2 Objetivo 2. Establecer las reglas de categorización según el perfil del cliente.**

El modelo de RFM categoriza los clientes según tres principales atributos (Recencia, Frecuencia y Monto) (Ching-Hsue & You-Shyang , 2009) , con el fin de lograr maximizar los beneficios tanto para el cliente como para la compañía. Este modelo utiliza cuantiles para cada variable lo que permite dividir las observaciones en grupos de igual tamaño, los cuales finalmente permiten asignar a cada registro un puntaje total que dará un segmento o categoría.

Después de emplear este modelo, se obtiene para cada cliente que ingrese una solicitud de daño un segmento u rango de horas en que será agendado la reparación en campo. Este modelo presenta una métrica de exactitud del 95.8%, respecto a una categorización con reglas heurísticas bajo un sistema de expertos.

## **4.3 Objetivo 3. Implementar un modelo para estimar la demanda operativa, según la categorización del perfil del cliente.**

El *Business Process Management* o BPM, permite realizar la descripción de proceso de estimación de la demanda operativa persiguiendo la mejora continua del funcionamiento de las actividades, mediante la utilización de un BPMS, en este caso Bizagi Modeler, en el que se puede crear el mapa del proceso (actividades, compuertas y eventos), automatizarlo, controlar su cumplimiento y proporcionar los análisis necesarios, para su mejora continua.

La simulación del proceso en Bizagi Modeler sirve para evaluar el desempeño del modelo de proceso, teniendo en cuenta diferentes configuraciones, lo cual permite obtener hallazgos para reducir probabilidades de incumplimiento, eliminación de cuellos de botella

y prevención de sub o sobredimensionamiento. En la simulación se realiza la validación del proceso, la ejecución de este y la comparación de varios escenarios. De este último se puede concluir que la demanda operativa no será igual al número de solicitudes de daños ingresados, dado que depende de variables como la aceptación de la agenda por parte del cliente, si el cliente es o no localizado, el número de daños pendientes que requiere otra visita y si estos han sido escalados a un nivel avanzado (infraestructura o plataformas).

#### **4.4 Objetivo 4. Validar el modelo de la estimación de la demanda operativa.**

La validación de los modelos desarrollados en el presente trabajo se realiza a través de las siguientes metodologías:

- Para la categorización obtenida según el perfil del cliente del modelo RFM, se realiza una comparación con la categorización según reglas heurísticas, obtenidas con un sistema experto. Esta comparación se ejecuta empleando una matriz de confusión, para una clasificación multiclase, con una muestra aleatoria de 1.000 clientes de la compañía de telecomunicaciones. Seguido se emplea la métrica de exactitud, la cual consiste en la división de los clientes clasificados correctamente entre el número total de clientes clasificados (Sokolova & Lapalme, 2009). En este caso de estudio el modelo RFM tiene una exactitud del 95.8%, es decir el 95.8% de los clientes están bien categorizados respecto a las reglas heurísticas.
- Para el modelo de estimación de la demanda operativa se emplea un análisis de escenarios mediante la metodología *¿What if?*, en el cual se plantean y analizan tres escenarios, el escenario actual, el mejor escenario y el peor escenario, considerando el impacto que sus variables tienen en el modelo del proceso. En este análisis se presenta que los resultados del escenario actual se encuentran entre el mejor y el peor escenario, lo que indica que el modelo del proceso, sus variables y métricas empleadas son válidas para el presente estudio. El análisis de escenarios permite el entendimiento de modelos complejos y permite obtener hallazgos, para reducir probabilidades de incumplimiento, eliminación de cuellos de botella y prevención de un mal dimensionamiento, producto de tener un panorama sistemático de las variables favorables y desfavorables, para encontrar propuestas que permitan optimizar el dimensionamiento y una operación costo eficiente.

Los resultados encontrados evidencian que es posible analizar integralmente la demanda operativa y que la incorporación del perfilado del cliente en su análisis reúne información relevante, para tomar decisiones respecto a la atención de las solicitudes.

Con base en esto, se satisface el objetivo general al desarrollar un modelo, para la estimación de la demanda operativa, según la categorización del perfil de cliente de una empresa de telecomunicaciones. Además, en el siguiente repositorio se encuentra el código fuente y los datos usados para desarrollar este trabajo <https://github.com/KellyJimenez/Modelo-para-la-estimacion-de-la-demanda-operativa> .

## 5. Recomendaciones

Los resultados obtenidos en este trabajo evidencian que la categorización según el perfil del cliente y la estimación de la demanda operativa incorporan información relevante para la toma de decisiones respecto a la atención de las solicitudes, lo cual trae beneficios en doble vía entre el cliente y la compañía. Como continuación de este trabajo, existen líneas en las que se pueden seguir desarrollando algunos temas relacionados, que no se han realizado por estar fuera del alcance, entre las que se destacan:

- Medición de impacto según el modelo RFM y la optimización en la estimación de la demanda operativa, en indicadores de clientes (tiempos de atención, cumplimiento de agenda, calidad del servicio prestado, entre otros) e indicadores de proceso (ocupación del recurso operativo, productividad del recurso operativo, efectividad de servicios programados, nivel de recomendación del servicio, entre otros).
- Modelos de categorización de clientes que no han presentado anteriormente solicitudes de daño, es decir que no tienen la variable de recencia.
- Modelado del proceso de solicitudes de instalación aplicando simulación en un BPMS.



## Bibliografía

Aquino , A. A., Molero-Castillo, G., & Rojano, R. (2015). Hacia un nuevo proceso de minería de datos. *Pistas Educativas, Instituto Tecnológico de Celaya*, No. 114.

*Bizagi*. (2021). Obtenido de <https://www.bizagi.com/en/platform/modeler>

*Bizagi User guide Studio*. (2021). Obtenido de <https://help.bizagi.com/bpm-suite/es/>

Bonet Borjas, C. (2005). LEY DE PARETO APLICADA A LA FIABILIDAD. *Revista de Ingeniería Mecánica, vol. 8, núm. 3*, 1-9.

Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). CRISP-DM 1.0 step-by-step data mining guide. *Thechnical report*.

Ching-Hsue, C., & You-Shyang , C. (2009). Classifying the segmentation of customer value via RFM model and RS theory. En *Expert Systems with Applications* (págs. 4176-4184). Yunlin: National Yunlin University of Science and Technology.

Córdova , M., & Cinthia, N. (2015). *Modelamiento y simulación de la optimización del proceso de generación de facturas utilizando metodología BPM BIZAGI*. Ecuador: Machala.

Gallardo Arancibia, J. (2009). Metodología para la Definición de Requisitos en Proyectos de Data Mining (ER-DM) (Tesis doctoral). Recuperado de: [http://oa.upm.es/1946/1/JOSE\\_ALBERTO\\_GALLARDO\\_ARANCIBIA.pdf](http://oa.upm.es/1946/1/JOSE_ALBERTO_GALLARDO_ARANCIBIA.pdf).

Hughes, A. (1994). *Strategic database marketing*. Chicago: Probus Publishing Company.

*Isixsigma*. (2005). Obtenido de <https://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/getting-started/what-six-sigma/>

Kaymak, U. (2001). Fuzzy target selection using RFM variables. *Proceedings Joint 9th IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference*, (págs. 1038-1043).

*kdnuggets*. (2014). Obtenido de What main methodology are you using for your analytics, data mining, or data science projects? Poll: <https://www.kdnuggets.com/polls/2014/analytics-data-mining-data-science-methodology.html>

- Kotler, P. (1994). *Marketing management: Analysis, planning, implementation, and control*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Larson, D., & Chang, V. (2016). Una revisión y dirección futura de inteligencia empresarial, análisis y ciencia de datos ágiles. *Revista Internacional de Gestión de la Información*, 700 - 710.
- Ley 1581 de 2012 - Ley Estatutaria de Hábeas Data. (2012). Ley Estatutaria de Hábeas Data.
- López Espindola, M., Martínez Alcántara, A., & Guzmán Arenas, A. (2006). *Reglas heurísticas: Alternativa para la depuración de reglas de asociación interesantes*. México, D.F.: Centro de investigación en computación, Instituto Politécnico Nacional, . Obtenido de Instituto Politécnico Nacional, Centro de investigación en computación.
- Maria, A. (1997). INTRODUCTION TO MODELING AND SIMULATION. (págs. 7-13). Binghamton, NY: University of New York at Binghamton.
- Newell, F. (1997). *The new rules of marketing: How to use one-to-one relationship marketing to be the leader in your industry*. New York: McGraw-Hills Companies Inc.
- OMG, O. M. (2013). *Object Management Group (OMG)*. Obtenido de <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/About-BPMN/>
- Robledo, P. (2011). Introducción. En *El Libro del BPM 2011 (Tecnologías, Conceptos, Enfoques Metodológicos y Estándares)* (págs. 6-7). Las Rozas, Madrid, España: Centro de Encuentro BPM, s.l. ( Club BPM ).
- Ruiz Hernández, B., Huerta, A., & Armando, J. (2013). La relación entre la variable aleatoria y la variable estadística: un análisis epistemológico disciplinar. *Tecnológico de Monterrey*, 383-390.
- Schijns, J., & Schröder, G. (1996). Segment selection by relationship strength. *Journal of Direct Marketing*, 69-79.
- Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing and Management*, 427–437.
- Stone, B. (1995). *Successful direct marketing methods*. Lincolnwood: NTC Business Books.
- The R Foundation . (31 de 03 de 2021). *R-project*. Obtenido de <https://www.r-project.org/>
- Trilles Farrington, P. (2011). La Evolución del BPM. En *El libro del BPM (Tecnologías, Conceptos, Enfoques Metodológicos y Estándares)* (págs. 9-16). Las Rozas, Madrid, España: Centro de Encuentro BPM, s.l. ( Club BPM ).

Wu, J., & Lin, Z. (2005). Research on customer segmentation model by clustering. *ACM International Conference Proceeding Series*, pág. 113.