



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Control estadístico de calidad multivariado,  
para el monitoreo e identificación de  
causas de variabilidad en procesos de  
crédito del sector financiero.**

**Multivariate Statistical Quality Control to  
monitoring and identifying variability causes  
in credit process in financial sector.**

**Paula Nataly Pérez Duque**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial  
Manizales, Colombia

2012



**Control estadístico de calidad multivariado,  
para el monitoreo e identificación de  
causas de variabilidad en procesos de  
crédito del sector financiero**

**Multivariate Statistical Quality Control to  
monitoring and identifying variability causes  
in credit process in financial sector.**

**Paula Nataly Pérez Duque**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Ingeniería: Ingeniería Industrial**

Director:

Ph.D Alexander Correa Espinal

Línea de Investigación:

Control Estadístico de Calidad

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial

Manizales, Colombia

2012



*Dedicatoria*

*Para llegar a las estrellas son indispensables un poco de imaginación, un lápiz junto a la almohada y un puñado de personas dispuestas a subir al cohete.*

*A mis padres, mi hermana y a las personas que estuvieron y ya no están.*

## Resumen

El trabajo de investigación que se presenta como tesis de la Maestría Investigativa en Ingeniería Industrial, tiene como finalidad crear un modelo de seguimiento de la calidad del proceso de crédito, específicamente la línea de vehículos, en una entidad del sector financiero.

Dicho modelo se basa en la identificación de las causas vitales de la variabilidad en el proceso objeto de estudio, que están directamente relacionadas con la satisfacción del cliente final, el comportamiento del mercado y el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la compañía. Posterior a la definición de las variables, se establecen escalas de medición pseudocuantitativas con las cuales es posible la detección y valoración de causas asignables y no asignables de las fallas del sistema. Finalmente las características de calidad definidas se monitorean y analizan mediante la implementación de un modelo de control estadístico multivariado que se fundamenta en el método propuesto por Harold Hotelling.

**Palabras clave: Control Estadístico Multivariado, Hotteling, sector financiero.**

## Abstract

The research work that is presented as thesis of the Engineering Master Degree has the objective of create a quality monitoring model in the credit process of a financial organization, specifically in automobile line.

That model is based on the identification of variation in vital causes in the credit process, which have direct relation with the customer satisfaction, market behavior and the strategic objectives of the company. After the variables definition, pseudo quantitative measure scales are established to detect and to make a quantitative evaluation of assignable and non assignable causes that generate system failure. Finally the present work concludes with the observation and analysis of the quality characteristics through the implementation of a multivariate statistic model that are founded on the method proposed by Harold Hotelling.

**Keywords: Multivariate statistical Quality control, Hotelling, financial sector.**

# Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
1.....JUSTIFICACIÓN	3
2..... MARCO TEÓRICO	5
2.1 Definición de calidad.....	5
2.2.1 Evolución de calidad en países occidentales: .....	6
2.1.2 Evolución de la calidad en países orientales.....	8
2.1.3 Evolución de la calidad en América Latina.....	11
2.2 Definición de proceso .....	12
2.3 Control de la calidad.....	13
2.4 Herramientas del control estadístico de la calidad .....	15
2.4.1 Control estadístico de proceso .....	16
2.4.2 Diseño de experimentos en el control de calidad.....	18
2.4.3 Mejoramiento Estadístico del proceso: .....	19
2.4.4 Control Estadístico multivariado.....	19
3.....ESTADO DEL ARTE: ENFOQUES DEL CONTROL ESTADÍSTICO MULTIVARIADO.	21
3.1 Generalidades del control estadístico multivariado.....	21
3.1 Evolución histórica del control estadístico multivariado.....	22
3.3 Control estadístico multivariado para atributos: .....	24
3.4 Identificación de causas de variabilidad en el control estadístico multivariado:..	25
3.5 Medidas de desempeño.....	27
3.6 Aplicaciones del control estadístico multivariado .....	28

4	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
		31
4.1	Alcance del estudio	31
4.1.1	Proceso seleccionado: Crédito	32
4.1.2	Tipo de producto seleccionado: Crédito para vehículo	33
4.1.3	Zona seleccionada	34
4.1.4	Tipo de cliente seleccionado: Persona Natural	34
4.2	Análisis de la situación actual	34
4.3	Formulación del problema	36
5	PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	37
5.1	Hipótesis central	37
5.2	Hipótesis secundarias	37
6	OBJETIVOS	
		38
6.1	Objetivo General	38
6.2	Objetivos específicos	38
7	METODOLOGÍA	
		39
7.1	Diseño metodológico	39
7.2	Tipo de investigación	41
7.3	Método de Investigación	41
7.3.1	Identificación y formulación del problema de investigación	41
7.3.2	Definición de las variables críticas	42
7.3.3	Estructuración de los métodos de control de calidad multivariado	42
7.3.4	Desarrollo de método de control estadístico multivariado	42
7.3.5	Aplicación de la técnica de identificación de causas de variabilidad	42
7.3.6	Medición del desempeño del método definido y su comparación	43
7.3.8	Conclusiones y recomendaciones	43



---

7.4	Fuentes y técnicas para la recolección de la información. ....	43
8.	DEFINICIÓN DE VARIABLES DE CALIDAD EN EL PROCESO DE CRÉDITO. .....	44
8.1	Expectativas del mercado.....	45
8.2	Expectativas del cliente .....	46
8.3	Expectativas de la organización.....	48
8.4	Síntesis de expectativas .....	48
8.5.	Criterios para la selección de las variables objeto de estudio.....	49
9	MEDICIÓN DE LAS VARIABLES CRÍTICAS: CARACTERÍSTICAS, ESPECIFICACIONES Y ESCALAS. ....	52
9.1	Construcción de la herramienta .....	53
9.2	Características y especificaciones .....	54
9.2.1	Creación del crédito-Apertura (X1) .....	54
9.2.2	Calidad en el Desembolso (X2) .....	55
9.2.3	Facturación (X3).....	56
9.2.4	Tiempo de respuesta (X4) .....	57
9.3	Escalas de medición.....	58
9.4	Cuantificación de las fallas. ....	63
10	DISEÑO DEL PLAN EXPERIMENTAL. .....	65
10.1	Tamaño de la muestra .....	66
10.2	Aleatorización del experimento. ....	69
10.3	Factores constantes y restricciones del experimento. ....	71
10.4	Observaciones adicionales sobre la obtención de los datos.....	72
11	MODELO DE CONTROL MULTIVARIADO. .....	73
11.1	Planteamiento del modelo.....	74
11.1.1	Estadístico $T^2$ de Hotelling.....	74

11.1.2	Límites de control.....	75
11.2	Análisis de datos .....	76
11.2.1	Caracterización de los datos .....	77
11.2.2	Construcción de gráficos de control multivariados.....	83
12	IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE VARIABILIDAD .....	86
12.1	Construcción de gráficos de control univariados. ....	87
12.2	Descomposición del estadístico $T^2$ .....	91
12.2.1	Señales fuera de control generadas por X1: Calidad en la apertura.....	92
12.2.2	Señales fuera de control generadas por X2: Calidad en el desembolso.....	93
12.2.3	Señales fuera de control, generadas por X3: Calidad en la facturación. ....	93
12.2.4	Señales fuera de control, generadas por x4: Tiempo de respuesta.....	93
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	94
13.1	Conclusiones.....	95
13.2	Recomendaciones.....	99
ANEXOS	.....	101
	ANEXO A: METODOLOGÍA DE PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: MATRIZ DE VESTER.....	101
	ANEXO B: ANÁLISIS DE QUEJAS Y RECLAMOS DE CLIENTES. ....	103
	ANEXO C: FUNCIONALIDAD DE LA HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE CALIDAD TOTAL.....	110
	ANEXO D: DISTRIBUCIÓN ABC INCONSISTENCIAS DE 2.011 .....	130
	ANEXO E. ESCALAS DE MEDICIÓN DE LAS VARIABLES.....	132
	ANEXO F: DESCOMPOSICIÓN DEL ESTADÍSTICO $T^2$ .....	140
	BIBLIOGRAFÍA.....	143

**LISTADO DE TABLAS**

Tabla 4.1: Diagnóstico para planteamiento del problema. ....	35
Tabla 8.1. Expectativas primordiales del sistema financiero. ....	49
Tabla 8.2. Variables críticas a medir en el estudio. ....	50
Tabla 9.1. Escala de gravedad de fallas para el proceso de crédito. ....	60
Tabla 9.2. Porcentaje de aparición de las fallas y ponderación aplicada. ....	62
Tabla 9.3. Asignación de escalas de medición para las variables definidas. ....	63
Tabla 9.4 Especificaciones de la organización para el número máximo de fallas, según variable. ....	64
Tabla 10.1 Resumen del estudio de créditos creados durante 2.011 y obtención del tamaño de la muestra diaria. ....	68
Tabla 10.1. Plan de medición ....	70
Tabla A2.1 Resumen de quejas y reclamos radicados durante 2.009, 2.010, 2.011 .....	103
Tabla A2.2. Reclasificación de solicitudes de clientes. ....	106
Tabla A3.1 Inconsistencias .....	127
Tabla A4.1 Clasificación del porcentaje de inconsistencias .....	130
Tabla A5.1: Escalas de medición variable calidad en la creación del crédito. ....	132
Tabla A5.2. Escalas de medición variable calidad del desembolso. ....	134
Tabla A5.3: Escalas de medición variable calidad en la facturación. ....	138
Tabla A6.1 Tabla de datos y valores del estadístico $T^2$ .....	140

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1. Estructura del marco teórico. ....	5
Figura 2.2: Herramientas de control de calidad, en el ciclo de mejoramiento continuo. ...	15
Figura 2.3: Paradigma fundamental del control estadístico de proceso .....	17
Figura 3.1. Síntesis estado del arte. ....	30
Figura 4.1. Proceso de crédito.....	33
<b>Figura 4.2.</b> Diagrama de árbol. Precisión de problemas.....	35
Figura 7.1. Diseño metodológico .....	40
Figura: 8.1 Diseño metodológico: Definir variables críticas .....	44
Figura 8.2. Diagrama de Pareto: causales del 80% de quejas y reclamos.....	47
Figura 9.1. Diseño metodológico: Definir escalas de medición .....	52
Figura 9.1 Menú principal de la aplicación FINQUAL MONITOR .....	54
Figura 10.1 Diseño metodológico: Diseñar el plan experimental.....	65
Figura 10.2. Plan de registro de observaciones. ....	71
Figura 11.1 Diseño metodológico: Plantear el modelo de control multivariado.....	73
Figura 11.2. Gráfica de probabilidad normal $X_1$ .....	78
Figura 11.3. Gráfica de probabilidad normal de $X_2$ .....	79
Figura 11.4. Gráfica de probabilidad normal de $X_3$ .....	80
Figura 11.5. Gráfica de probabilidad normal de $X_4$ .....	81
Figura 11.6. Gráfico de control $T^2(1)$ .....	83
Figura 11.7. Gráfico de control $T^2(2)$ .....	84
Figura 12.1 Diseño metodológico: Aplicar técnica para identificación de causas de variabilidad .....	86
Figura 12.2. Gráfica de control de Shewhart para $X_1$ : Calidad en la apertura del crédito. 88	
Figura 12.4. Gráfica de control de Shewhart para $X_3$ : Calidad en la facturación. ....	90
Figura 12.5. Gráfica de control de Shewhart para $X_4$ . ....	91

---

Figura 13.1 Diseño metodológico: Concluir y recomendar .....	94
Figura A1.1 Coordenadas Vester.....	102
Diagrama A2.1 Pareto: causas reclasificadas.....	108
Diagrama A2.2 Causa-efecto: diferencias en el saldo del cliente:.....	109
Figura A3.1: Menú principal de la aplicación FINQUAL MONITOR.....	110
Figura A3.2. Ingreso de información módulo de tramitación .....	111
Figuras A3.3, A3.4 y A3.5. Listas de chequeo módulo de tramitación.....	111
Figura A3.6. Ingreso de datos módulo de crédito.....	114
Figuras A3.7 y A3.8: Lista de verificación de la creación del crédito.....	115
Figura A3.9. Radicación de inconsistencias de crédito.....	116
Figura A3.10: Pantalla de entrada de información básica del desembolso .....	117
Figuras A3.11 a A3.16. Listas de verificación desembolso.....	118
Figura A3.17: Datos de entrada para el control de la facturación.....	121
Figuras A3.18, A3.19: Lista de verificación de la facturación .....	122
Figura A3.20 Control tiempo total .....	123
Figura A3.21: Registro de los datos.....	129



## INTRODUCCIÓN

El proceso de mejora continua es indispensable para la competitividad de las organizaciones; éste requiere de constante dinamismo y objetividad al precisar los problemas a intervenir en cada área o fase de los procesos productivos y administrativos, del análisis concienzudo de los métodos existentes y de exactitud en la recolección y análisis de datos, pues el logro de una eficiente herramienta de diagnóstico permite tomar decisiones acertadas, focalizadas y a tiempo, frente a los problemas del sistema. Ishikawa (1985).

Congruente con lo anterior, este estudio inicia con el planteamiento del problema, el cual se identifica a través de la metodología de solución de problemas propuesta por Correa, C. *et al.* (1995), dando como resultado que la organización presenta dificultades para la identificación de las causas de variabilidad de sus procesos críticos, por lo cual no se ejecuta un control efectivo sobre ellas. En este sentido, se identificó también que el proceso de crédito requiere un monitoreo sistemático, dado su nivel de criticidad, de cara al cliente y a la organización.

Una vez identificado el problema central, esta investigación propone como objetivo general, construir un modelo de control estadístico de calidad multivariado, para el monitoreo e identificación de causas de variabilidad, en el proceso de crédito de una entidad financiera, para el logro del cual se definen las características críticas de calidad factibles de ser monitoreadas durante el proceso de crédito, se determinan las métricas y especificaciones de las características de calidad definidas, se diseña una herramienta que permita la medición y monitoreo de las variables críticas, se establecen modelos de control estadístico multivariado de calidad que se ajusten a las características del proceso de crédito, se compara el desempeño de los métodos empleados y se detectan las causas de variabilidad de dicho proceso a partir de los puntos fuera de control.

Dichos objetivos se logran a través de la aplicación del estadístico  $T^2$  de Hotelling, para variables cuantitativas; teniendo en cuenta que las variables seleccionadas para este estudio son cualitativas, los resultados se recolectan a través de una herramienta diseñada específicamente para ese fin y se sistematizan a través de un método de cuantificación de variables, propuesto por Marcucci (1985) citado en Topalidou y Psarakis (2009) y ratificado por la Oficina Internacional del Trabajo (2004).

Como resultado de lo anterior, el estudio implementa el modelo de control estadístico multivariado, en el proceso de crédito de una entidad financiera, específicamente para la línea de vehículos para persona natural, en la regional Antioquia.



## 1. JUSTIFICACIÓN

En Colombia los estudios encaminados al control y mejoramiento de la calidad de los procesos de servicios y específicamente los del sector financiero, son aún incipientes, lo que es demostrado en la dificultad para allegar literatura y estudios aplicados al respecto, por lo cual resulta de especial interés para la investigadora, poder profundizar el conocimiento adquirido con relación a temas de última generación en cuanto al análisis estadístico y calidad se refiere y aplicarlos en el sector mencionado.

Teniendo en cuenta lo dicho, la novedad de este estudio radica en primera instancia, en el planteamiento de modelos estadísticos multivariados, para mejoramiento de la calidad, que han sido ampliamente utilizados en el sector manufacturero, pero poco explorados y menos aún aplicados en el sector financiero, especialmente en el proceso operativo de crédito.

De otro lado, para acometer el estudio se hace necesaria la utilización de escalas de medición pseudo-cuantitativas, que permiten la cuantificación de variables de calidad en el sector servicios a partir de la evaluación de las fallas a través del método de análisis de modo de fallos y efectos (FMEA), lo que representa también una novedad para el sector, por cuanto los pocos resultados en la exploración teórica así lo evidencian.

Desde el punto de vista de la utilidad para la organización objeto de este estudio, la aplicación del modelo representa una oportunidad de mejora y a su vez una ventaja competitiva, toda vez que pertenece a un mercado caracterizado por una competencia agresiva, donde la diferencia la hacen la calidad y el servicio al cliente, propósitos fundamentales de esta investigación.

Un aporte importante para la organización, lo constituye la aplicación desde el inicio del estudio, de una herramienta para la verificación, registro y monitoreo de la calidad en las variables críticas, la cual se ha denominado FINQUAL MONITOR: Control de calidad total, que es un gestor de calidad total para el sector financiero, desarrollado por la investigadora para acopiar la información, asignar la magnitud de la falla, asignar los valores de las características de calidad, consultar los gráficos de control y definir las causas asignables de variabilidad, permitiendo a los ejecutores del proceso (funcionarios del sistema de crédito), visualizar aquellos aspectos de cada característica que deben ser monitoreados y controlados.

Desde el ámbito social y empresarial, se espera que los resultados de la investigación sirvan como base para apuntalar procesos de mejoramiento continuo del sector servicios, específicamente del sector financiero, no solo a nivel nacional, sino en general para las organizaciones que deseen incursionar en dichos procesos. Igualmente, desde la perspectiva del cliente financiero, la aplicación de los resultados de la investigación, redundan en la simplificación de los procesos operativos y la dinamización de los mismos, lo cual debe reflejarse en un mejor servicio y en consecuencia en mayor grado de satisfacción.

## 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan de manera concisa los principales conceptos de calidad en los que se fundamenta esta tesis; la información se sistematizó partiendo de la exploración deductiva a través de diferentes corrientes, técnicas y herramientas factibles para ser aplicadas en la solución del problema planteado; este proceso se representa en la figura 2.1.

Figura 2.1. Estructura del marco teórico.



Fuente: Elaboración Propia.

### 2.1 Definición de calidad

La calidad al ser un término que proviene de la percepción, varía de acuerdo con el contexto económico, social y cultural en el que se aplique, es una definición que se ajusta tanto a la teoría de la organización como al comportamiento natural y humano; y puede ser concebido como un código de leyes, un estilo de vida o una estrategia de mercado.

A través de la evolución en las exigencias del medio han surgido corrientes impulsadas por los denominados Gurús de la calidad, cuyos aportes durante el siglo XX y XXI han revolucionado el concepto en la industria y han logrado grandes avances en la productividad y la eficiencia de las naciones. Dichos aportes se presentan a continuación, mediante un recorrido a estos reconocidos autores en diferentes contextos históricos y geográficos.

### **2.2.1 Evolución de calidad en países occidentales:**

A través de la historia de la calidad, también su definición ha cambiado de acuerdo con el entorno y las necesidades de las organizaciones, por ello es necesario identificar la evolución del concepto a partir de sus primeras apariciones.

Shewhart (1931) define la calidad como la habilidad de realizar acciones justo de la manera deseada y con la propiedad de hacerlo repetitivo con la mínima variabilidad. Por ende su teoría parte de la pregunta ¿qué tanto puede variar la calidad? Es un hecho que la variabilidad está presente en cualquier acción, no obstante es posible reducirla mediante la identificación de causas que puedan ser controlables y que al intervenirlas el proceso varíe dentro de unos límites aceptables. Esta variación obedece a las causas aleatorias o no asignables, que no pueden ser controladas y cuyo comportamiento sigue una distribución normal.

Para Deming (1989) la calidad se establece desde tres puntos de vista: desde la perspectiva de la dirección, la calidad es la decisión sobre las especificaciones de un producto; el operario la visualiza como un trabajo bien hecho que le brinda satisfacción y asegura su estabilidad en la organización; y para el consumidor es su percepción sobre el

producto de acuerdo con sus propias expectativas. De aquí la importancia de alinear los objetivos de la dirección y las decisiones operativas con las necesidades cambiantes del mercado y de implementar un ciclo de calidad fundamentado en una espiral de mejora continua que inicia en el diseño, fabricación, venta y retroalimentación del mercado y continúa fortaleciéndose de este mismo ciclo.

Juran (2001) involucra en sus teorías conceptos de gestión de la calidad y la divide en dos definiciones diferentes: la satisfacción del cliente y la ausencia de deficiencias.

Desde el enfoque hacia el cliente la calidad se entiende como el cumplimiento de las características que satisfacen sus necesidades, lo que no necesariamente implica cumplimiento con las especificaciones. A mayor satisfacción del cliente, mayores ventas y por tanto mayores ingresos, no obstante mantener este alto nivel, requiere mayor inversión.

Por otro lado la ausencia de deficiencias se centra en los esfuerzos en el proceso para evitar salidas que estén en contra de las expectativas del cliente, evitando reprocesos y desperdicios, por lo cual un alto nivel de calidad tiende a reducir costos operativos.

De acuerdo con Crosby (1987), la calidad se define como el cumplimiento de los requisitos de un producto o servicio que se logra a través de la prevención y el control. Este autor involucra el término de calidad como una filosofía de dirección de la organización que se enfoca en la ejecución correcta del producto o prestación adecuada del servicio desde el inicio.

Crosby introdujo técnicas de administración del proceso dentro de las disciplinas estadísticas y exactas que habían sido concebidas por Shewhart, haciendo énfasis en la estabilización, lo cual se ve reflejado en sus principios básicos: Requisitos, prevención, estandarización y medición a través del costo.

En las definiciones de autores occidentales es posible identificar la importancia de las herramientas estadísticas y la inclinación hacia el control, el seguimiento y la medición en

todas las etapas del proceso productivo, iniciando en el diseño y finalizando en su uso por parte del consumidor.

### **2.1.2 Evolución de la calidad en países orientales**

Tras la necesidad de introducir las técnicas occidentales de control estadístico de calidad en Japón, se iniciaron esfuerzos con el fin conjugar estas teorías en una cultura de características particulares. No obstante la tradición de este país no fue óbice para el fortalecimiento de la calidad, por el contrario la disciplina y enfoque en el ser humano, propios de dicho país lograron construir una filosofía que tuvo tal auge que empezó a ser exportada y divulgada como producto propio de la cultura oriental. Ishikawa (1985)

La historia de la calidad en Japón inició tras la creación del comité de normas Industriales Japonesas, adaptadas de las normas británicas y apoyadas en las teorías del control de calidad de Shewhart.

En el año 1950 Deming inició una serie de conferencias de ocho días dirigida a los gerentes de las industrias en función del resurgimiento de la industria japonesa. Esta conferencia contenía los temas más novedosos de la época en materia de calidad: gráficos de control, análisis de datos estadísticos y el ciclo PHVA propuesto por Shewhart.

Según el Químico y padre de la filosofía de la calidad oriental Ishikawa (1985), es difuso definir la calidad sin antes entender su costo dentro de la organización, puesto que su implementación requiere una revolución en la actuación de la alta gerencia que sólo se logra a través de la traducción monetaria y tangible de su aplicación.

Por ello define la calidad como el diseño, producción, mantenimiento y distribución de un bien o servicio productivo y rentable para la organización y satisfactorio para el consumidor final. Pueden observarse dentro de esta definición tres componentes

cruciales relacionados con la calidad: el costo, la satisfacción del cliente y el compromiso integrado de todas las áreas funcionales y no funcionales de la empresa, desde el nivel operativo hasta los más altos directivos, a través de la educación. Ishikawa (1985).

Siguiendo esta misma corriente del pensamiento, Masaaki (1992), define la calidad como todo aquello susceptible de ser mejorado en la organización, dando prelación al ser humano, pues es él quien tiene la capacidad de identificar y dar solución a los problemas.

Masaaki (1992) Dentro de sus postulados indica que la calidad parte de la interrelación mutualista de los componentes del sistema productivo de la empresa, así cada área debe trabajar en función de entregar el mejor producto o servicio a la siguiente etapa, como si se tratara de su cliente final.

Por otro lado, algunos teóricos orientales adoptaron inicialmente el pensamiento de la organización científica promulgado por Frederick Taylor en el inicio del siglo XX. Es el caso de Shigeo Shingo, quien definió la calidad como la aptitud de los procesos para cumplir con las especificaciones del producto, a partir de la interacción entre los elementos del sistema productivo: producto, personas, métodos, espacio y tiempo. Por tanto la calidad se deriva de la armonía entre el proceso y la operación, donde ésta última juega un rol secundario en el objetivo de producir cero defectos. Shingo (1986).

De acuerdo con Shingo (1986) este enfoque de la calidad se logra a través de la implementación de técnicas de ingeniería que permitan retornar al control inmediatamente, los procesos que se desvían de las especificaciones, por medio de la inspección, monitoreo y control de los elementos involucrados en la producción. Este principio, denominado Poka-Yoke, o “a prueba de tontos” es la semilla del control automático de proceso.

No obstante, la orientación técnica de Shingo hace que su teoría haya sido, en principio, limitada a los procesos de manufactura, en los cuales las causas de variación del proceso pueden ser identificadas y controladas, quedando excluidas las variables no controlables

de procesos como los del sector servicios en los cuales existe una alta participación del ser humano en operaciones cuya automatización es inviable.

Sin embargo, una vez arraigada la cultura de la calidad en los países orientales, pragmáticos de las industrias buscaron el equilibrio de las teorías científicas, mediante la difusión de filosofías de administración que más que deberes con miras a la productividad promueven un estilo de vida extensible a toda la organización. En esta corriente de pensamiento se ubica el padre del sistema de producción Toyota (TPS) Taichi Onho, quien expresa que la filosofía de gestión de calidad total es parte de una cultura que enfoca sus esfuerzos en tres etapas: desarrollo de la calidad, mantenimiento de la calidad y mejora continua, con el objetivo de aumentar la rapidez, la confiabilidad y reducir el costo. Liker (2011).

Una década después de la introducción oficial del control estadístico de calidad en la cultura oriental, el Ingeniero y estadístico Genichi Taguchi, complementó el modelo de control estadístico, haciendo uso del diseño de experimentos con el fin de incluir las causas no controlables en los modelos.

Según Taguchi la calidad se define como la mínima pérdida económica generada a la sociedad, debida a reprocesos, desperdicio de recursos, costos de garantía, reclamaciones, insatisfacción del cliente y pérdida de imagen corporativa. Bryne and Taguchi, en Dean (1991). Por ello esta metodología se basa en la satisfacción del cliente, a partir de la identificación y análisis de fallas en los sistemas, en búsqueda de la disminución y control de las pérdidas económicas que se incrementan con la variación de la respuesta con respecto a su valor objetivo. Maghsoodloo *et al.* (2004).

A través de los aportes de los denominados gurús de la calidad orientales es posible identificar las diferencias que marcó esta cultura en el éxito de la implementación de la calidad a todo nivel y que hicieron de este modelo, la principal ventaja competitiva de la industria oriental en el mercado global. Estos elementos son:



-Focalización en el ser humano, a través de la enseñanza, la estabilidad en la organización y su polivalencia.

-Compromiso en el reto de la calidad en todos los niveles de la organización: apertura de espacios de integración como los círculos de la calidad.

-Hacer de la calidad un estilo de vida, no sólo en el trabajo sino en todas las facetas del ser humano.

### **2.1.3 Evolución de la calidad en América Latina.**

Desde los años 70 la calidad en la industria latinoamericana se ha centrado principalmente en la certificación bajo las normas internacionales de calidad, este hecho ha logrado la introducción de técnicas de control estadístico de calidad y modelos de gestión que cuyo fin último es estabilizar los procesos productivos y transversales de la empresa, requeridos para obtener la certificación. No obstante aún en algunos países es incipiente el desarrollo y la investigación para la implementación de técnicas de alta ingeniería y evolución de la cultura organizacional para lograr un desempeño deseable, en comparación con países como Estados Unidos y Japón, cunas de la teoría de la calidad.

En países en vía de desarrollo se difundieron rápidamente algunas de las prácticas exitosas de oriente, tales como los círculos de calidad. Inclusive en los años 80 Brasil fue el segundo país con mayor número de círculos de calidad, sin embargo la teoría sin fundamento y la ausencia de un verdadero compromiso organizacional generaron el desplome de dichas estrategias. Fleury (1995).

Por otro lado, la apertura del mercado en los países latinoamericanos, evidenció especialmente en las empresas exportadoras, la urgencia de implementar técnicas de control de calidad total, la cuales han comenzado a evolucionar del foco de la industria en el precio, hacia el enfoque de la calidad en todos los procesos del sistema, en función de la diferenciación y el desarrollo de ventajas competitivas.

Actualmente en Latinoamérica se llevan a cabo eventos de gran importancia con el objetivo de incentivar la cultura de calidad en el entorno empresarial. Dentro de éstos certámenes se destacan los premios nacionales a la calidad en México, Brasil, Colombia, Argentina y Chile, el premio Iberoamericano de la calidad y Latin American Quality Awards. LAQI (sf).

De acuerdo con la evolución de la calidad, la gran industria de América Latina, ha transformado la idea de calidad, desde una necesidad para competir en el medio global a través de la certificación, hacia un requisito para la supervivencia, pues se ha identificado que las técnicas estadísticas de calidad, en conjunto con una filosofía administrativa son significativas en la sostenibilidad de la organización y que son las grandes empresas de larga trayectoria las que suelen adoptar la cultura de la calidad a todo nivel. Sargent y Matthews (2008).

## **2.2 Definición de proceso**

Según la real academia de la lengua un proceso es:

“Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial” RAE (2012).

En este sentido toda operación secuencial o lógica podría considerarse un proceso sin tener en cuenta factores adicionales como entradas, resultados y medios, por lo cual el conjunto de normas ISO complementa la definición de la RAE involucrando estos componentes. En este caso proceso se define como:

“Conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan las cuales transforman elementos de entrada en resultados” ISO 9000 en Perez-Fernandez de Velásco (2010).

Haciendo uso de las anteriores definiciones, autores recientes han definido el proceso como el componente fundamental en la generación de valor. Liker (2010).

Teniendo en cuenta estos tres enfoques se puede definir un proceso como el conjunto de actividades sucesivas que se interrelacionan con el objetivo común de transformar entradas en salidas que generan valor.

Al integrar el concepto de generación de valor dentro de la definición de proceso surge la necesidad de optimizar la administración de las organizaciones a través del diseño, ejecución, medición y mejoramiento continuo de sus procesos. Este tipo de estructura de la organización se denomina gestión por procesos la cual está orientada hacia la efectividad de los resultados de la compañía, a través de la correcta ejecución de sus actividades teniendo en cuenta la voz del cliente, la eliminación de barreras entre áreas y la disminución de defectos y reprocesos.

Por ello uno de los componentes indispensables de la gestión por procesos es la medición ya que a partir de ella se identifican la generación de valor y las oportunidades de mejora, así como la satisfacción del cliente frente al producto. Es así como se enlazan los conceptos de proceso y calidad, dando origen al control de calidad cuyo objetivo principal es monitorear, evaluar y comparar los resultados de la organización en función de las expectativas del cliente. Perez-Fernandez de Velásco (2010).

### **2.3 Control de la calidad**

Al conjugar los conceptos de calidad y proceso se infiere que el control de calidad hace parte de una cultura organizacional, que inicia en el diseño del producto o servicio y se extiende por toda la cadena productiva hasta su consumo final, en la cual se involucran métodos de elaboración, medición y talento humano en la generación de bienes o servicios útiles para la compañía y para el cliente, partiendo del monitoreo del proceso y sus salidas en comparación con sus especificaciones. Ishikawa (1985).

El control de la calidad tiene sus orígenes en los métodos estadísticos de control introducidos en los años 20 por Shewhart, quien usó la estadística descriptiva para construir gráficos de control, con los cuales fue posible monitorear continuamente la

variabilidad en las especificaciones durante el proceso de manufactura de los sistemas de transmisión de la compañía Bell Telephone. Este hito marcó el nacimiento oficial del control estadístico del proceso.

Posteriormente Harold F. Dodge y Harry Roming desarrollaron y aplicaron el método de muestreo y la aceptación y rechazo de lotes, como una solución económica, eficiente y confiable, que reemplazó la inspección al cien por ciento. Montgomery (2001)

Durante los años 70 se popularizó el uso de diseño de experimentos en el control de calidad en la industria occidental. Los modelos estadísticos que se construyeron han sido útiles en la identificación de factores críticos en el proceso, en etapas tempranas de diseño y manufactura, enfocada hacia la conformidad para el uso y el cumplimiento de las especificaciones.

Dentro de la teoría de la calidad, las ciencias exactas como la estadística han jugado un rol fundamental en la detección, explicación, corrección, prevención y predicción de las causas de variabilidad en el sistema productivo, a partir del análisis de los datos reales obtenidos del desarrollo habitual de sus procesos, mediante la utilización de herramientas de estadística descriptiva y multivariada, diagramas de frecuencia y control, modelos de muestreo, diseño de experimentos y modelos de pronóstico.

La identificación de las causas de variabilidad está ligada directamente con la creatividad y al mismo tiempo con un proceso sistemático para el monitoreo de las salidas reales del proceso productivo, con lo cual se determina si el conjunto de actividades ejecutadas están bajo control, es decir, varían únicamente debido a las causas no asignables, y por tanto generan salidas útiles. Thompson y Koronacki (2002).

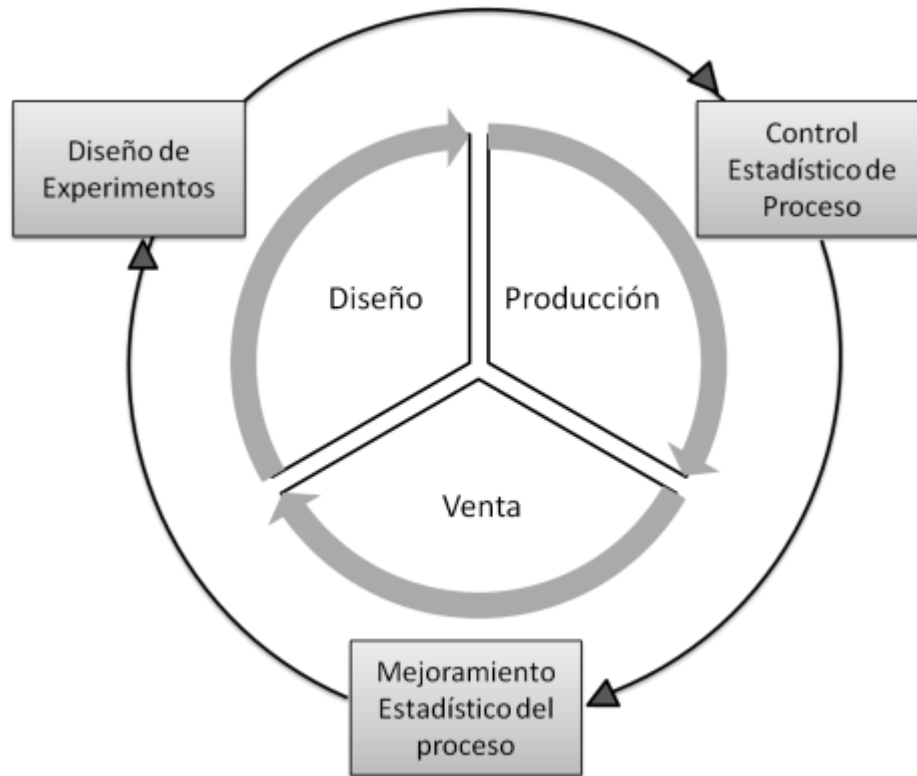
El control de calidad es por ende la aplicación de un conjunto de técnicas y herramientas apoyadas en la estadística cuyo objetivo primordial es evitar la producción de un producto

o servicio defectuoso, a partir del monitoreo y mejoramiento constante del proceso. A continuación se detallan algunas de las herramientas más útiles en el control de calidad.

#### **2.4 Herramientas del control estadístico de la calidad**

Las herramientas de control estadístico de calidad pueden clasificarse en tres grandes grupos: Estadística descriptiva, diseño de experimentos; y regresión lineal y series de tiempo. Estos grupos representan la escala evolutiva en el control de la calidad, la cual nació bajo un enfoque netamente correctivo con la aplicación de la estadística para el muestreo de aceptación o rechazo y los gráficos de control; posteriormente fue preventiva, a partir del diseño del proceso basado en la experimentación previa; y finalmente se ha dado un foco predictivo, cuyo objetivo es intervenir el proceso antes de que ocurran las fallas proyectadas. La relación cíclica entre los grupos de técnicas de control de calidad tiende a consolidar la mejora continua en cada etapa del sistema productivo, tal como se visualiza en la figura 3.

Figura 2.2: Herramientas de control de calidad, en el ciclo de mejoramiento continuo.



Fuente: Elaboración propia con base en Montgomery (2001) y Thompson & Koronacki (2002).

#### 2.4.1 Control estadístico de proceso

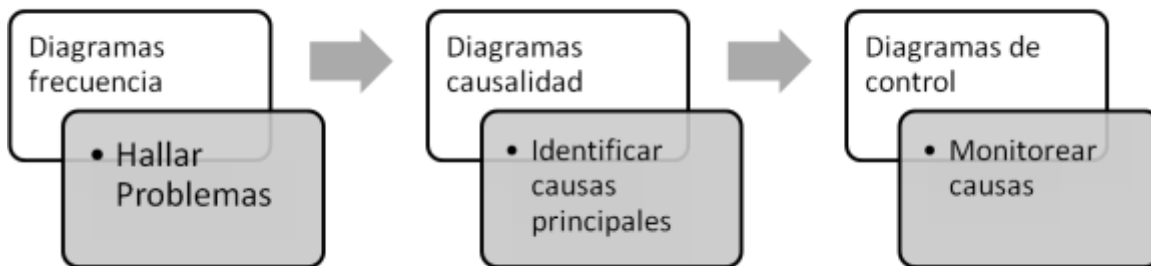
El control estadístico de proceso es un conjunto de herramientas que permiten identificar las causas de falla dentro de las actividades que se ejecutan, con el propósito de resolver los problemas asociados a la calidad. Montgomery (2001).

Para ello, en el control estadístico del proceso se realiza la inspección en el momento en que se produce el bien o servicio, con el fin de obtener información acerca del cumplimiento de los estándares en cada etapa del proceso productivo y medir cuantitativamente la repercusión que tienen nuevas variables sobre el desempeño del proceso. La base del control estadístico es la recopilación, ordenamiento y análisis de datos para lo cual hace uso de herramientas como diagramas de frecuencia, causalidad y

control, que permiten determinar si el comportamiento de las variables se mantiene en un nivel aceptable de calidad e identificar las causas no aleatorias de la variabilidad.

De acuerdo con Thompson y Koronacki (2002) el paradigma fundamental del control estadístico de proceso se sigue a partir de un método sistemático de identificación y solución de problemas, dentro del cual se aplican herramientas estadísticas, tal como se representa en la siguiente figura:

Figura 2.3: Paradigma fundamental del control estadístico de proceso



Fuente: Elaboración propia con base en Thompson y Koronacki (2002).

### Herramientas de frecuencia:

El primer paso hacia el control estadístico del proceso consiste en la identificación de desviaciones en la calidad, medida en la frecuencia e importancia de la ocurrencia de defectos, para lo cual se aplica el diagrama de Pareto; o en la dispersión de los datos respecto de la media que se visualiza en el histograma. Pérez (1999).

### Diagramas de causalidad

Una vez identificados los efectos principales de los problemas que repercuten en el proceso, es necesario hacer precisión sobre sus causas principales e intervenirlas desde su origen. En esta etapa son de utilidad los gráficos de causalidad como el diagrama causa-efecto, de árbol, de afinidad o de relación que se centran en la definición de un problema focal.

## Diagramas de control

La definición de dicho problema permite dirigir el monitoreo hacia las características representativas en la generación de fallas. Para ello se utilizan los gráficos de control, en los que se compara el valor de la característica frente a las especificaciones y tolerancias definidas en la producción de un producto conforme y útil para el uso. Los gráficos de control son utilizados para monitorear tanto variables como atributos.

En el control de variables se aplican las gráficas  $\bar{X}$ ,  $\bar{R}$ , S, CUSUM ( *Cumulative Sum control chart*) y EWMA ( *Exponentially Weighted Moving Average*) y GWMA ( *Generally weighted moving average*) que se utilizan con el objetivo de vigilar el comportamiento de la media y la variación de la distribución de los datos resultantes de la medida de una característica que se obtiene del proceso, con el fin de determinar si está o no en control, si la media y variabilidad de éste es estable, se dice que está en control de lo contrario está fuera de control. Debido a la naturaleza cuantitativa de los datos que se obtienen para los gráficos por variables, se utilizan generalmente en procesos productivos de manufactura. Pérez (1999) en cuyo ámbito se ha popularizado el uso de las gráficas CUSUM y EWMA y se han introducido nuevos enfoques como el GWMA de Sheu y Tai (2006), debido a su capacidad para la detección de pequeños cambios en las medias del proceso.

Por otro lado el control de atributos se realiza mediante las gráficas  $p$ ,  $u$ ,  $np$  y  $c$  en las cuales se toman muestras del producto que permiten identificar si es conforme o no. Es el tipo de control de proceso más usado en el sector industrial y de servicios, dado que permite determinar, a raíz de datos cualitativos, los costos asociados a la mala calidad representados en la tasa de defectos en el proceso o la incidencia de defectos por unidad.

### 2.4.2 Diseño de experimentos en el control de calidad



El diseño de experimentos es un método para descubrir el comportamiento particular de un fenómeno determinado, a partir de una serie de ensayos en los que se analiza la sensibilidad del proceso ante cambios en sus variables controlables y no controlables. Es una herramienta de investigación que integra la estadística, el método científico, la experiencia y el sentido común en la solución de problemas de la vida cotidiana. Montgomery (2005).

En relación con el control de calidad, el diseño de experimentos tiene como objetivos conocer los factores críticos para el desempeño del producto y diseñar salidas del proceso robustas, es decir, con una mezcla óptima de variables controlables que permita hacerlas consistentes ante los cambios en las variables no controlables. A diferencia del control estadístico del proceso, el diseño de experimentos tiende a la caracterización de nuevos procesos y optimización de los existentes, ya que permite obtener y analizar los datos previo a su ejecución, con lo cual se logra una salida de mejor calidad, con menor costo y en menos tiempo, desde la primera vez que el proceso es efectuado. Taguchi *et al.* (1999).

#### **2.4.3 Mejoramiento Estadístico del proceso:**

El mejoramiento estadístico del proceso comprende las etapas en las cuales, luego de una definición y caracterización del problema, los datos son analizados con el objetivo de encontrar los valores óptimos de las variables y mejorar el proceso atacando sus principales causas de falla. Adicionalmente se estudia el comportamiento de las variables del proceso y su influencia en el deterioro de la calidad con lo cual es posible predecir las fallas y controlar el proceso antes de su ocurrencia. A continuación se hace énfasis en una de las herramientas de la estadística implementada en el mejoramiento analítico del proceso: estadística multivariada.

#### **2.4.4 Control Estadístico multivariado.**

El control estadístico multivariado se basa en los primeros fundamentos de control de calidad propuestos por Shewhart con miras a modelar de manera más acertada los procesos, a través de la inclusión de más de una variable susceptible de análisis y seguimiento, cuyo objetivo es la detección de desviaciones debidas a la correlación entre las variables que son imperceptibles al monitorearlas de manera individual. Esta herramienta es analizada en detalle en el estado del arte.

### 3 ESTADO DEL ARTE: ENFOQUES DEL CONTROL ESTADÍSTICO MULTIVARIADO.

Luego de obtener la información correspondiente a las corrientes y herramientas de control de la calidad, el énfasis se enfoca en los estudios del control estadístico multivariado, debido a su utilidad en el monitoreo de procesos, teniendo en cuenta su naturaleza sistémica.

Varios métodos se presentan con el fin de estipular la información necesaria para definir la aproximación más apropiada para ser aplicada en el proceso de crédito de una empresa del sector financiero.

#### 3.1 Generalidades del control estadístico multivariado.

El control estadístico multivariado fue inicialmente introducido por Hotelling (1947). En este modelo dos o más salidas de un proceso, que pueden estar correlacionadas, son graficadas a partir del cálculo del estadístico  $T^2$  que relaciona el comportamiento de las medias, las varianzas y la covarianza entre ambas variables, con el fin de obtener una región elíptica de control, en el caso de dos variables, o un gráfico de control de Hotelling, generalizado a más de dos salidas de proceso. Montgomery (2001).

El procedimiento del modelo de Hotelling para  $n$  observaciones agrupadas en muestras, se estructura iniciando en la definición de las variables objeto de estudio cuantificables. Posteriormente los datos deben ser obtenidos cuidando que la muestra sea realmente significativa, para lo cual Montgomery (2001) propone un tamaño generalmente superior a 50 muestras. De manera subsiguiente se realiza el cálculo del estadístico  $T^2$ , mediante la siguiente expresión:

$$T^2 = n(\bar{x} - \bar{\bar{x}})'S^{-1}(\bar{x} - \bar{\bar{x}})$$

Donde  $\bar{x}$ = vector compuesto por las medias de cada espécimen observado para cada variable.

$\bar{\bar{x}}$ = vector compuesto por las medias de las muestras totales para cada variable.

S=matriz de covarianza.

n=número de observaciones por muestra.

Luego de este cálculo se asigna un límite de control superior, que se define en dos momentos. Montgomery (2001).

En el primer momento el límite de control es utilizado para establecer una primera medida del proceso a partir del análisis de datos preliminares, en este caso se expresa como:

$$UCL = \frac{p(m-1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha,p,mn-m-p+1} \text{ Montgomery (2001)}$$

Donde p es el número de variables respuesta estudiadas.

m= tamaño de la muestra

F= distribución F.

En la segunda fase del proceso, una vez se ha estudiado y controlado, el límite de control se asigna para realizar monitoreo continuo. En este caso el límite se calcula como:

$$UCL = \frac{p(m+1)(n-1)}{mn-m-p+1} F_{\alpha,p,mn-m-p+1} , \text{ Montgomery (2001)}$$

En ambos casos el límite inferior es 0.

Como resultado de este proceso se obtiene un gráfico de control que permite detectar patrones, tendencias y puntos atípicos en variables relacionadas.

### 3.1 Evolución histórica del control estadístico multivariado.

Desde su aparición a finales de la década del 40, varias investigaciones se han realizado con el objetivo de ajustar el método de control estadístico multivariado a las exigencias y desarrollos tecnológicos en diversos sectores. A continuación se presentan las contribuciones más relevantes desde sus inicios hasta la época actual.

Jackson y Morris (1957) proponen el uso de variables independientes y normalizadas, en el estadístico  $T^2$ , a partir de la transformación lineal mediante la descomposición de los vectores de las variables en sus raíces características.

Woodall y Ncube (1985), plantean que el uso de varios gráficos CUSUM para el control de varias características de calidad puede convertirse en un único problema multivariado MCUSUM a partir del estadístico  $T^2$ , que permite detectar cambios pequeños en la media en una sola dirección.

Debido a que el estadístico  $T^2$  es menos sensible ante los cambios en la media, dado que se focaliza en los datos de la serie más recientes, se propone la construcción de un diagrama MCUSUM basado en el vector de los residuales regresivos de cada variable, con lo cual la detección de cambios en las medias de las variables estudiadas es mejor. Este enfoque se denomina ajuste de regresión. Hawkins (1991).

Por esta misma razón Lowry *et al.* (1992) propone la implementación del diagrama MEWMA (*Multivariate Exponentially Weighted Moving Average*), siendo este una extensión del diagrama univariado EWMA que es sensible ante los cambios en el sistema, provocados por la intervención de un factor extraño al proceso, toda vez que permite predecir con mayor certeza el dato siguiente en un sistema de comportamiento continuo y controlado.

En relación con el método de muestreo para la obtención de datos aplicados en control multivariado, Barbiero *et al.* (2001) plantean la existencia y el procedimiento para tres

métodos: el muestreo con igual tamaño de muestras a intervalos de tiempo constantes, con tamaño de muestra fijo e intervalo variable y con tamaño de muestra e intervalo de tiempo variable. Faraz *et al.* (2011) estipulan que en general se asume que todas las muestras se toman en intervalos de tiempo constantes. No obstante en algunos procesos es necesario variar este periodo, con lo cual el tiempo para la identificación en los cambios de la media puede ser reducido.

Niaki y Fallah (2009) establecen un método diferente de estudiar los cambios en la media a través de la aplicación del análisis secuencial por iteraciones y la regla bayesiana de Montgomery en una única observación en las muestras, con el objetivo de detectar la primera variable con un cambio significativo a lo largo de la observación del proceso.

### **3.3 Control estadístico multivariado para atributos:**

Dada la importancia y aplicabilidad del control estadístico multivariado, se han desarrollado investigaciones que pretenden extender esta metodología a los gráficos de control por atributos. En este sentido, se han utilizado el estadístico  $T^2$  para la construcción de diagramas  $np$  y  $c$ . De acuerdo con Niaki y Abbasi (2007), el problema puede ser abordado mediante el concepto de intervalos de confianza simultáneos, cuyo desempeño supera otros métodos. Por otro lado Gadre y Rattihalli (2005) introducen la relación de verosimilitud en el monitoreo de atributos.

Zertuche *et al.* (2007) Ponen en práctica en la industria automotriz la aplicación del enfoque en diagramas de rango R para detectar los cambios en la media, a partir de la distancia Mahalanobis entre cada una de las variables, posterior a lo cual se aplica el método de componentes principales para hallar la contribución de cada característica en la variabilidad del proceso.

En este mismo ámbito, Ospina *et al.* (2010) realiza la aplicación de tres técnicas de control multivariado de atributos en el sector servicios en el que se analizaron las variables de satisfacción del cliente y disponibilidad del sistema de telecomunicaciones.

Los métodos utilizados fueron la aproximación de una variable de distribución bivariada binomial a una distribución normalizada mediante la T de Hotelling; el diagrama MNP, extensión bivariada del  $np$  relativo a unidades conformes y no conformes; y el diagrama R. Posterior al estudio se presenta un análisis comparativo de los tres métodos mediante ARL, con lo cual se infirió que el mejor método para monitorear el sistema es el MNP.

En ninguno de los estudios realizados se ha incluido dentro del modelo la identificación inmediata del atributo que genera la variabilidad en el proceso.

### **3.4 Identificación de causas de variabilidad en el control estadístico multivariado:**

Muchos de los estudios efectuados en control estadístico multivariado se centran en solucionar el problema de identificación de la causa de variabilidad durante el monitoreo del proceso. Ello se debe a que en el método clásico de Hotelling, cuando existe un punto por fuera de los límites de control, se desconoce si la desviación se debe a un cambio en la media de una variable específica o a su correlación.

Murphy (1987) plantea que en el análisis de variabilidad se requieren conocer tanto las variaciones debidas a la correlación entre variables como a los cambios en la media de cada característica, para lo cual se descompone el estadístico  $T^2$  para visualizar la contribución de cada variable de manera individual a través de la expresión  $D = T_p - T_p(i)$  en la cual si  $D$  es significativamente grande, se rechaza la hipótesis de que la señal fuera de control está siendo causada por la variable  $i$ .

Con el fin de aclarar el potencial de varios métodos de identificación de cambios en la media, Das y Prakash (2008) exponen en su estudio una comparación en el desempeño de los métodos de Hawkins (1991), Murphy (1987), Trace y Young (descomposición del estadístico T en componentes independientes); y Doganaksoy, Faltin y Tucker (1991). Como resultado se obtuvo que el método de Hawkins, presenta buen desempeño cuando

el cambio se genera en una sola variable y existe baja o media correlación positiva entre las variables. El método Murphy es efectivo en la detección de cambios grandes en la media cuando la correlación es alta, alrededor del 65% y supera a los demás métodos en la detección de pequeños cambios en la media, en ambos casos el desempeño es óptimo cuando el cambio ocurre en sentido contrario al de la correlación. Zambrano y López (2010). No obstante para todos los casos estudiados, el poder de identificar pequeña variabilidad se pierde sistemáticamente mientras la magnitud del cambio decrece.

Se ha planteado adicionalmente el uso del método LPP (*Locality Preserving Projections*) con el objetivo de mantener la estructura de la vecindad en los datos, en lugar del PCA (*Principal Components Analysis*) que se basa en la combinación lineal de las variables definidas y el PLS (*Partial Least Squares*) en el cual las variables se clasifican en entradas (x) y salidas (y) con el objetivo de predecir el valor de estas últimas. El resultado de este estudio indica que el uso de LPP es menos sensible ante el ruido blanco, lo cual lo hace más robusto, en tanto el uso del estadístico Q en este modelo proporciona respuestas más rápidas ante los datos atípicos que el estadístico T. Este estudio planteado por Hu y Jingqi (2008) sentó bases para el control de procesos en tiempo real.

En este sentido otros autores proponen el uso de métodos como el LLE (*Kernel Locally Linear Embedding*) que son sensibles ante los datos extremos.

Por otro lado Maravelakis y Bersimis (2009) proponen un método de solución gráfica al problema de identificación de cambios debidos a las variables, mediante una aplicación de las curvas de Andrews que han sido usadas desde los años 70 para representar gráficamente datos multivariados, en los que cada curva senoidal representa el vector de la media para cada observación con sus límites de control.

He *et al.* (2011) aplican métodos de procesamiento como el árbol de decisión para la implementación de monitoreo de procesos bivariados en tiempo real, en el cual no sólo se identifica cuando el proceso está fuera de control sino que se determina en cada instante el cambio en la característica de calidad particular que genera la variabilidad y los patrones asociados.



En respuesta a la dificultad existente en los modelos multivariados de control estadístico, otros estudios utilizan las redes neuronales como metodología de procesamiento de los datos, con el fin de identificar la variable generadora del cambio en la media, justo en el momento en el que ha ocurrido dicho cambio, evitando el análisis en una etapa posterior. Estos modelos se llevan a cabo en dos etapas: entrenamiento de las redes neuronales y la clasificación de las salidas de las redes neuronales para la toma de decisiones. Wang y Chen (2002) y Ahmadzadeh (2009).

Un enfoque diferente consiste en la detección de los cambios en la matriz de covarianza, dada la convergencia y relación de varias características de calidad, es importante analizar los cambios debidos a la variabilidad. Alt (1985) citado en Montgomery (2001), propone un método que se extiende del gráfico S en el que se llevan a cabo repetidas pruebas de hipótesis en las que se expresa que la matriz de covarianza es igual a una matriz de constantes  $\Sigma$ . Costa y Machado (2008) proponen el método VMAX donde los puntos graficados para las variables corresponden al mayor valor de sus varianzas. Por otro lado Abbasi *et al.* (2009). introducen la técnica de transformación y el análisis del gráfico S de la varianza individual de las características de calidad no correlacionadas.

En síntesis el conocimiento de la causa de la variabilidad es vital en el monitoreo de calidad a partir del análisis multivariado, por lo cual es necesario elegir el enfoque a ser utilizado a partir de las características del proceso, tales como la magnitud y sentido de la correlación y el tamaño de los cambios esperados en la media de las características de calidad.

### **3.5 Medidas de desempeño.**

La medición del desempeño de los diagramas de control es el ARL (*Average Run Length*) que representa el número de puntos que deben ser registrados en el gráfico antes de que se presente un punto por fuera de los límites, con lo cual es posible determinar la sensibilidad del método ante los cambios en la media. La medida óptima del ARL depende de las características de proceso, en caso de procesos controlados, el ARL debe ser amplio, contrario al de un proceso fuera de control.

Para medir el ARL del método MEWMA Prabhu y Runger (1997) citados en Montgomery (2001) establecen la tabla del ARL, a partir del método de cadenas de Markov, para 2 a 15 características de calidad, varios valores de  $\lambda$  y de  $\delta$  que corresponde a la magnitud de los cambios en la media y está dado por la expresión:

$$\delta = (\mu^{\Sigma^{-1}} \mu)^{1/2} \text{ Montgomery (2001)}$$

Estudios recientes se han centrado en medir el ARL de los métodos de control estadístico multivariado, tal es el caso de Chan y Wu (2011) quienes proponen una modificación del método clásico de cadenas de Markov para el gráfico MEWMA. Por otro lado Capizzi y Masarotto (2010) establecen la medida a través de la regla de cuadratura de Clenshaw-Curtis.

En las investigaciones consultadas se evidencia la importancia de la medición del desempeño del método de control estadístico multivariado empleado, puesto que es necesaria la comparación entre diversas técnicas con el fin de identificar cuál responde de manera más eficiente a las características y cambios particulares al proceso estudiado.

### **3.6 Aplicaciones del control estadístico multivariado**

Dada la objetividad para el modelado y medición de variables cuantitativas y el creciente auge del control automático de procesos, la mayoría de las aplicaciones estudiadas en control estadístico multivariado se han ejecutado en el campo de la manufactura, especialmente en la industria química y de componentes eléctricos. Montgomery (2001). En la década de los 90 se realizaron investigaciones en la industria minera y de materiales. Hawkins (1991) y Samanta y Bhattachergee (1999).

En este sentido las aplicaciones en el sector servicios y específicamente en el área financiera han sido menos investigadas. Entre dichos aportes se destacan aplicaciones en el campo de la medicina, telecomunicaciones y riesgo financiero.

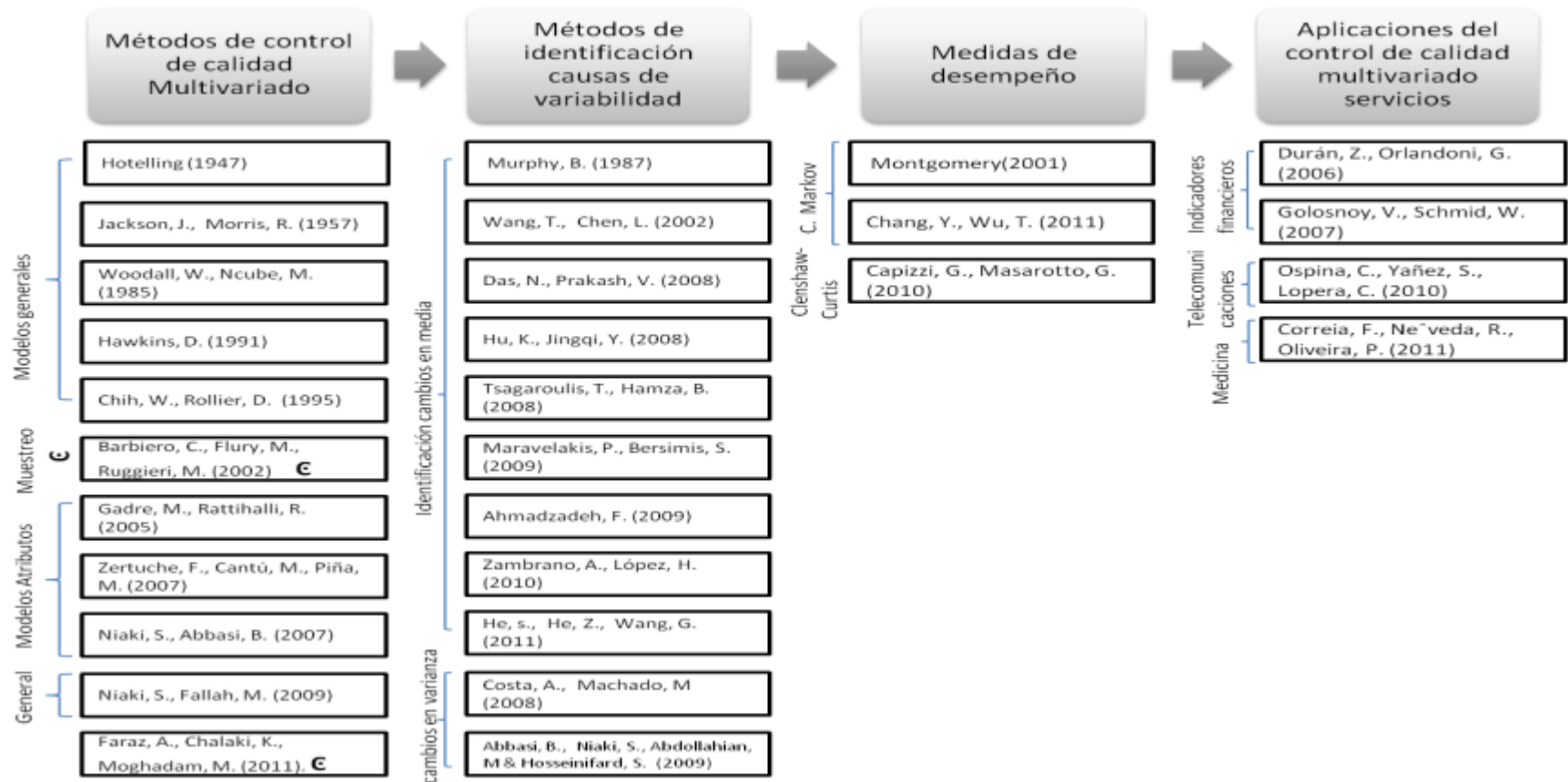
En el campo de la medicina se ha implementado el control estadístico multivariado en la construcción de diagramas de monitoreo del estado del paciente en función de varias características. Correia *et al.* (2011). En este caso se implementaron diagramas de un solo límite, los cuales fueron más sensibles ante los cambios en las variables que los diagramas de dos límites, en el análisis del tratamiento adecuado para pacientes con enfermedades respiratorias crónicas.

En el sector de telecomunicaciones Ospina *et al.* (2010) aplica una aproximación multivariada de los gráficos de atributos para el monitoreo de la satisfacción del cliente en la prestación del servicio.

En el sector financiero se han llevado a cabo investigaciones en el análisis del riesgo financiero y en la calidad de las carteras para inversión. Por un lado Durán y Orlandoni (2006), han propuesto un estudio cuyo propósito es identificar los indicadores que describen el riesgo de los bancos venezolanos y universales para monitorear su rendimiento a través de la aplicación de gráficos MEWMA (*Multivariate Exponentially Weighted Moving Average*), dada su sensibilidad ante cambios en la media inferiores a  $2\sigma$ . La segunda aplicación en mención es desarrollada por Golosnoy y Schmid (2007) en la cual se utilizan modificaciones de diversos métodos tales como el gráfico R y el MEWMA, en el monitoreo de múltiples indicadores que determinan el retorno de la inversión en carteras.

La información recopilada en el estado del arte obedece a las etapas en las que se lleva a cabo el control de calidad de multivariado, para lo cual se consultaron autores clásicos y nuevos aportes. En síntesis, los estudios considerados como relevantes se presentan en la figura 3.1.

Figura 3.1. Síntesis estado del arte.



Fuente: Elaboración propia

#### **4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El control de calidad ha sido profundamente estudiado en la industria como componente fundamental en la competitividad de la organización; no obstante en el sector servicios, su difusión ha sido más débil debido a la variabilidad inherente de sus procesos, provocada por la acción del ser humano y la subjetividad en la medición de características de calidad; por ende, los procesos asociados a este sector requieren mayor esfuerzo en su estabilización y monitoreo, siendo éstos, dos de los grandes retos en la gestión por procesos en el sector servicios.

De acuerdo con lo anterior, en esta sección se presenta el contexto en el que se analiza el problema; posteriormente se aplica la metodología de solución de problemas, con la que se pretende identificar el problema focal y sus causas principales en el contexto definido; y finalmente se formulan el problema y sus objetivos enfocados a la intervención del problema detectado.

##### **4.1 Alcance del estudio**

El presente estudio se realiza en el marco del sector servicios, contexto, que actualmente en nuestro país posee grandes falencias en la aplicación de ingeniería y ciencias exactas dada la variabilidad e intangibilidad de sus procesos.

A pesar de lo expuesto, el mencionado sector ha presentado un crecimiento importante en las últimas décadas y hoy representa alrededor del 59% del Producto interno bruto de Colombia. Dane (2011).

La anterior cifra tiende a crecer si se compara con otros países en vía de desarrollo; así para la industria Argentina representa el 67% de su PIB Molteni *et al* (2011). Mientras para Brasil representa el 67,3% de su PIB según la Oficina Económica y Comercial de España en Brasilia (2011).

Dentro del sector servicios el presente análisis se centrará en la industria financiera, que en conjunto con el mercado inmobiliario y servicios a empresas, es la más representativa en Colombia ya que para 2011 logró una participación de 18,6 % en el PIB total. Dane (2011).

Específicamente la aplicación del modelo estadístico multivariado se ejecuta en uno de los grupos financieros líderes de Colombia, dentro de una línea de negocio cuyo foco primordial es la satisfacción de las necesidades financieras de los clientes, especialmente en créditos de consumo.

A continuación se detallan las características de la línea de negocio seleccionada en la investigación:

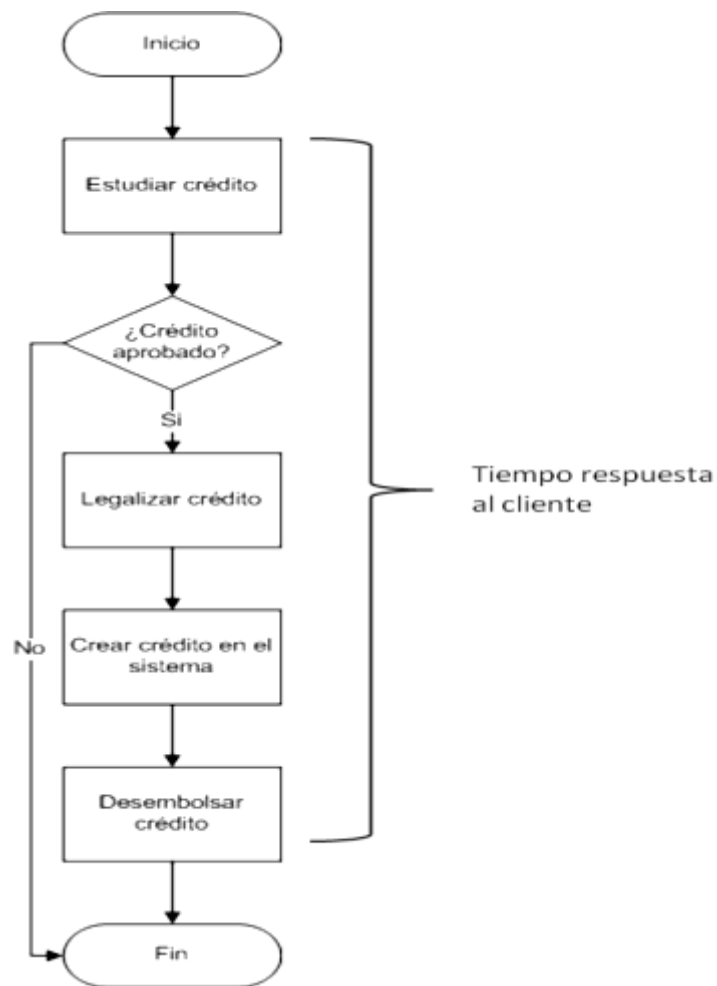
#### **4.1.1 Proceso seleccionado: Crédito**

Para efectos del presente estudio, el proceso de crédito comprende las actividades que se llevan a cabo en la financiera después de que el préstamo solicitado es aprobado por el área de análisis.

Las etapas comprendidas por tanto por el proceso estudiado, son en su orden: fase de legalización del crédito, la cual inicia cuando el auxiliar comercial toma las firmas del cliente en los documentos que soportan la solicitud y gestiona la documentación para que se efectuada la creación de la obligación en el sistema. Posteriormente el área de crédito recibe la documentación y digita en el sistema las condiciones adicionales con las cuales debe ser creado el crédito, tales como condiciones de facturación, pago, recaudo y cargos fijos; este conjunto de actividades se denomina apertura. Finalmente, se realiza el desembolso por el monto de la obligación aprobada, en cheque o abono a la cuenta de quien el cliente estipule, siendo ésta la salida tangible percibida por el cliente, razón por la cual el tiempo de servicio al cliente es uno de los criterios más importantes de decisión para la adquisición de un crédito de consumo.

El proceso se esquematiza en la figura 4.1.

Figura 4.1. Proceso de crédito.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Tipo de producto seleccionado: Crédito para vehículo

Dentro del proceso de crédito, existen diferentes líneas o productos, siendo líder la línea de crédito para vehículos ofrecidos a personas naturales, que en la actualidad representa

el 70% de la cartera total de la entidad financiera. Esta representatividad sirvió como criterio para la selección de esta línea.

#### **4.1.3 Zona seleccionada: Regional Antioquia**

A pesar de que la entidad financiera en la cual se aplicó el estudio tiene presencia en todo el territorio colombiano, fue Antioquia la regional seleccionada para la realización de la investigación, en primer lugar porque en esta zona se estudian, procesan y desembolsan las solicitudes de crédito para todo el país; en segundo lugar, por la relevancia de ésta como sede principal de dicha entidad y finalmente, porque es este el sitio de residencia y vinculación laboral de la investigadora, hecho que facilitó la aprobación por parte de la gerencia de la entidad, para la recopilación de la información primaria, fundamental para el estudio.

#### **4.1.4 Tipo de cliente seleccionado: Persona Natural**

Como se explicó, la línea de crédito de vehículos para persona natural constituye el 70% de la cartera total de la financiera, motivo que llevó a esta elección.

### **4.2 Análisis de la situación actual.**

De acuerdo con la metodología de la investigación propuesta por Méndez (1999), se determina a continuación el cuadro de diagnóstico en el cual se presentan los aspectos relevantes en la definición del problema de investigación, especificados a través del análisis del contexto y la sistematización de la información, obtenida de las áreas operativas de la organización, en función del proceso de control de calidad.



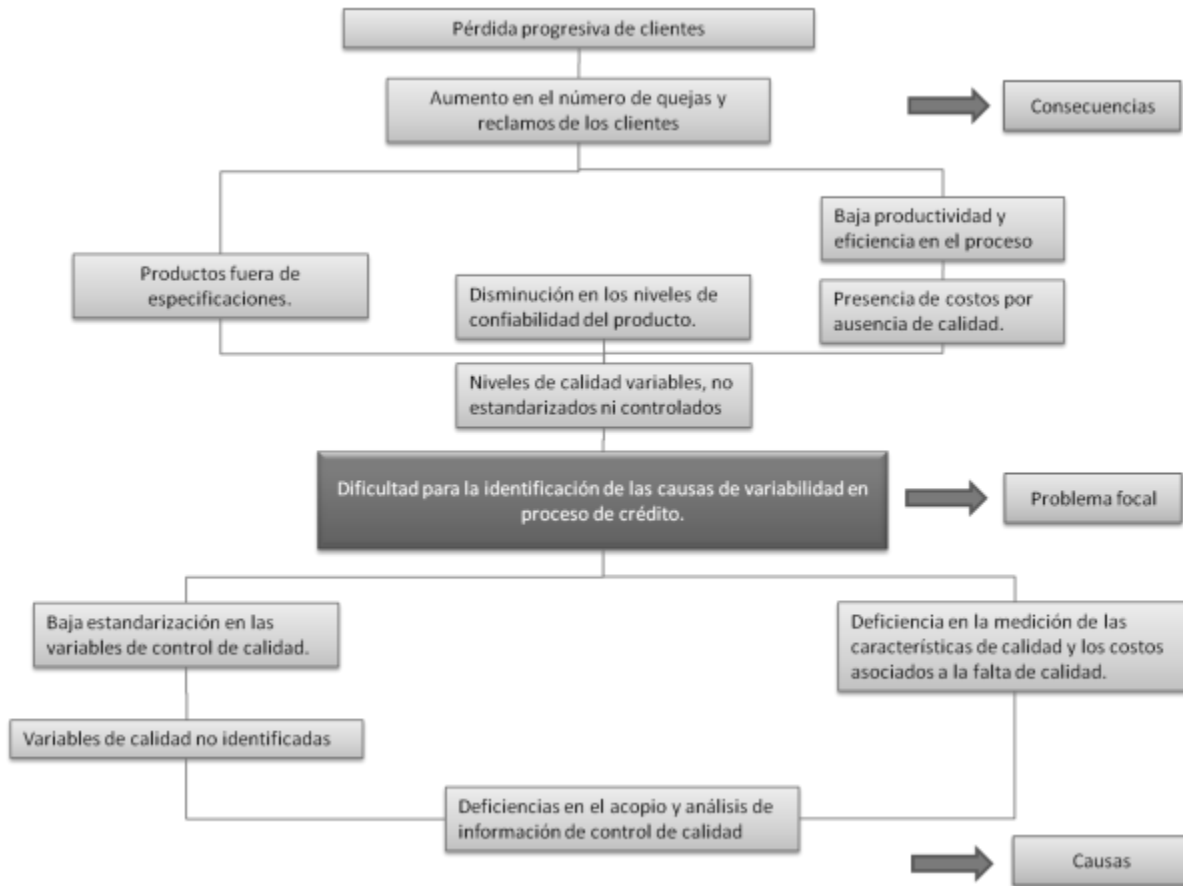
**Tabla 4.1: Diagnóstico para planteamiento del problema.**

SÍNTOMAS	CAUSAS	PRONÓSTICO
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Largos tiempos de respuesta al cliente.</li> <li>-Existencia de reprocesos durante la creación del crédito y el desembolso</li> <li>-Incumplimiento en las metas de oportunidad.</li> <li>-Alta variabilidad del proceso de crédito.</li> <li>-Sobrecostos asociados a la falta de calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Deficiencias en el acopio y análisis de información de control de calidad.</li> <li>-Falta de identificación de las variables de calidad.</li> <li>-Baja estandarización en las variables de control de calidad, tanto en el producto como en el proceso.</li> <li>-Dificultad para la identificación de problemas en el proceso.</li> <li>-Deficiencia en la medición de las características de calidad y los costos asociados a la falta de calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Baja productividad y eficiencia del proceso.</li> <li>-Disminución de los niveles de confiabilidad del servicio.</li> <li>-Aumento en el nivel de mantenimientos del crédito debidos a quejas y reclamos de los clientes.</li> <li>-Pérdida progresiva de clientes: vendedores externos y cliente final.</li> <li>-Disminución de la competitividad ante otras entidades financieras.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

Con base en la identificación preliminar de síntomas, sus causas y pronóstico, se aplica la metodología de solución de problemas con el fin de precisar el problema central y definir el control al pronóstico, con el cual se define de manera detallada el problema de investigación. Ver anexo 1.

**Figura 4.2.** Diagrama de árbol. Precisión de problemas.



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 Formulación del problema.

El diagnóstico inicial muestra como problema central la dificultad para la identificación de las causas de variabilidad, en los sistemas de calidad, por lo cual se formula el problema de la siguiente manera:

¿Cuál es el modelo de monitoreo de calidad más eficiente para la identificación de causas de variabilidad, de acuerdo con las características del proceso de crédito de una entidad financiera?

## 5. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

Según Hernández *et al.* (2006), las hipótesis son la bitácora que define el rumbo de la investigación. Ellas indican lo que trata de probarse y son explicaciones apresuradas, acerca del fenómeno estudiado y son respuestas tentativas a las preguntas de investigación. Las hipótesis deben ser formuladas por lo tanto, como una proposición.

### 5.1 Hipótesis central

El proceso de crédito de una entidad financiera puede ser monitoreado a través de un modelo estadístico multivariado.

### 5.2 Hipótesis secundarias

- El proceso de crédito de una entidad financiera posee múltiples variables con las cuales puede medirse la calidad.
- Existe correlación entre algunas de las características de calidad del proceso de crédito.
- El modelo de control estadístico multivariado permite un mejor monitoreo del proceso, que el enfoque univariado.
- El control estadístico multivariado permite inferir las causas de variabilidad que generan los defectos en el proceso de crédito.

## **6 OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo General**

Construir un modelo de control estadístico de calidad multivariado, para el monitoreo e identificación de causas de variabilidad, en el proceso de crédito de una entidad financiera.

### **6.2 Objetivos específicos**

- Definir las características críticas de calidad factibles de ser monitoreadas durante el proceso de crédito.
- Determinar las métricas y especificaciones de las características de calidad definidas.
- Diseñar una herramienta que permita la medición y monitoreo de las variables críticas.
- Establecer métodos de control estadístico multivariado de calidad que se ajusten a las características del proceso de crédito.
- Comparar el desempeño de los métodos empleados, con el fin de establecer el modelo más apto para analizar el proceso.
- Detectar las causas de variabilidad en el proceso de crédito, a partir de los puntos fuera de control.

## 7. METODOLOGÍA

En este aparte se planea el método para el desarrollo del estudio y el nivel de profundidad que se desea alcanzar. De acuerdo con Phillips y Pugh (1987) en los aspectos metodológicos se incluyen los siguientes:

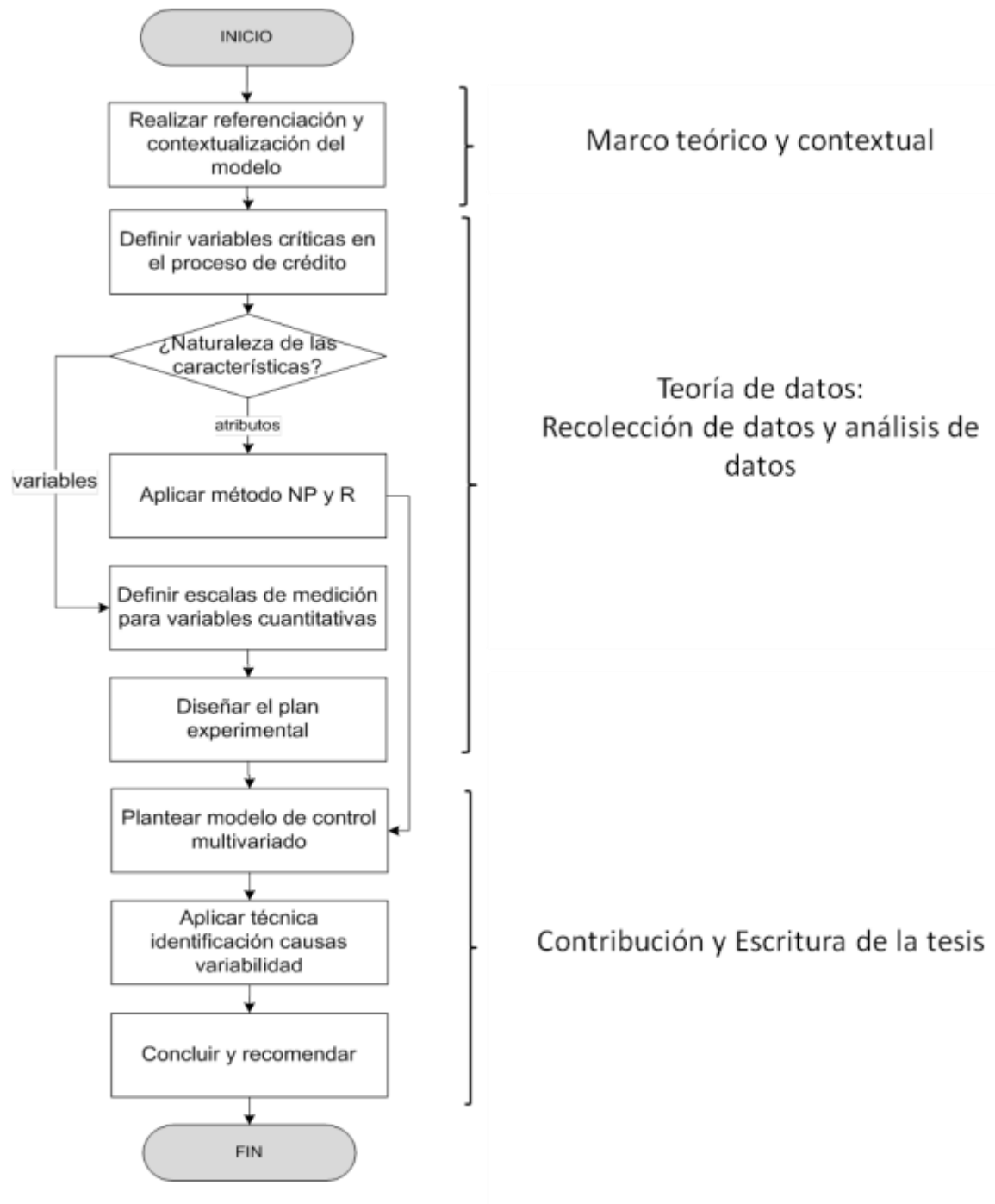
- Diseño metodológico.
- Tipo de investigación.
- Método de investigación
- Fuentes y técnicas para la recolección de la información.

### 7.1 Diseño metodológico.

La figura 7.1, ilustra el diseño metodológico que se plantea para la investigación.

Es importante anotar que para una mejor contextualización del estudio, en los apartes donde se aborda cada tema del diseño metodológico, se introduce esta figura (6.1), con un vector en negrilla, que indica el tema de dicho diseño, que se está desarrollando.

Figura 7.1. Diseño metodológico



Fuente: Autora con base en Phillips y Pugh (1987)

## **7.2 Tipo de investigación.**

El tipo de investigación está directamente relacionado con el tipo de cuestiones, problemas o necesidades que se plantean y los medios utilizados para responderlos.

De acuerdo con lo anterior el tipo de investigación desarrollada se enmarca dentro de la investigación aplicada, fundamentándose en un estudio correlacional, toda vez que define la posible relación de causalidad entre variables, a partir de lo cual se puede monitorear un comportamiento.

## **7.3 Método de Investigación:**

Según Mendez (1995) el método de investigación es el procedimiento lógico que el investigador sigue para desarrollar su estudio.

Por ello el proyecto de investigación desarrollado durante el proceso de maestría, se enmarca dentro de las siguientes etapas:

### **7.3.1 Identificación y formulación del problema de investigación.**

El planteamiento del problema, obedece a la identificación, a través de la observación directa de una necesidad o problema central. Posterior a lo cual, se estructura la teoría como base de la interpretación de los datos que se esperan obtener.

### **7.3.2 Definición de las variables críticas.**

A través de la observación y de la consulta sistémica con los expertos en la ejecución y administración del proceso de crédito se identifican las variables críticas que afectan la calidad del servicio y se define el método para medirlas y las especificaciones dentro de las cuales se acepta que varíen; se define además, si las variables son cualitativas o cuantitativas.

De acuerdo con el método de muestreo que se adapte mejor a las características de las variables de calidad definidas y al comportamiento del proceso, se recolecta la información sobre su comportamiento a través de la observación.

### **7.3.3 Estructuración de los métodos de control de calidad multivariado.**

Si las variables son cualitativas el estudio se realiza a partir del método NP y R que de acuerdo con la literatura tienen mejor desempeño en la identificación de cambios debidos a la variabilidad. Si las variables son cuantitativas, se estudia su comportamiento estadístico: distribución y correlación, con el fin de determinar los métodos de control estadístico multivariado más aptos para el caso.

### **7.3.4 Desarrollo de método de control estadístico multivariado**

En este aparte se hacen las inferencias estadísticas necesarias para describir el comportamiento de las variables y se estructura el modelo estadístico, con el cual se construyen los diagramas de control multivariado.

### **7.3.5 Aplicación de la técnica de identificación de causas de variabilidad.**



Dependiendo de las características de correlación y distribución de las variables definidas, se elige y aplica un método de detección de cambios en la media, con el objetivo de identificar la característica de calidad responsable de los puntos fuera de control en el proceso.

### **7.3.6 Medición del desempeño del método definido y su comparación.**

Los métodos de control estadístico aplicados para el análisis de datos se evalúan, aplicando el modelo que más se ajuste para hallar el ARL de cada uno de ellos. Adicionalmente se compara el método multivariado con el univariado para detectar diferencias y definir si el método multivariado es más eficiente en la detección de puntos fuera de control en el proceso de crédito.

### **7.3.8 Conclusiones y recomendaciones.**

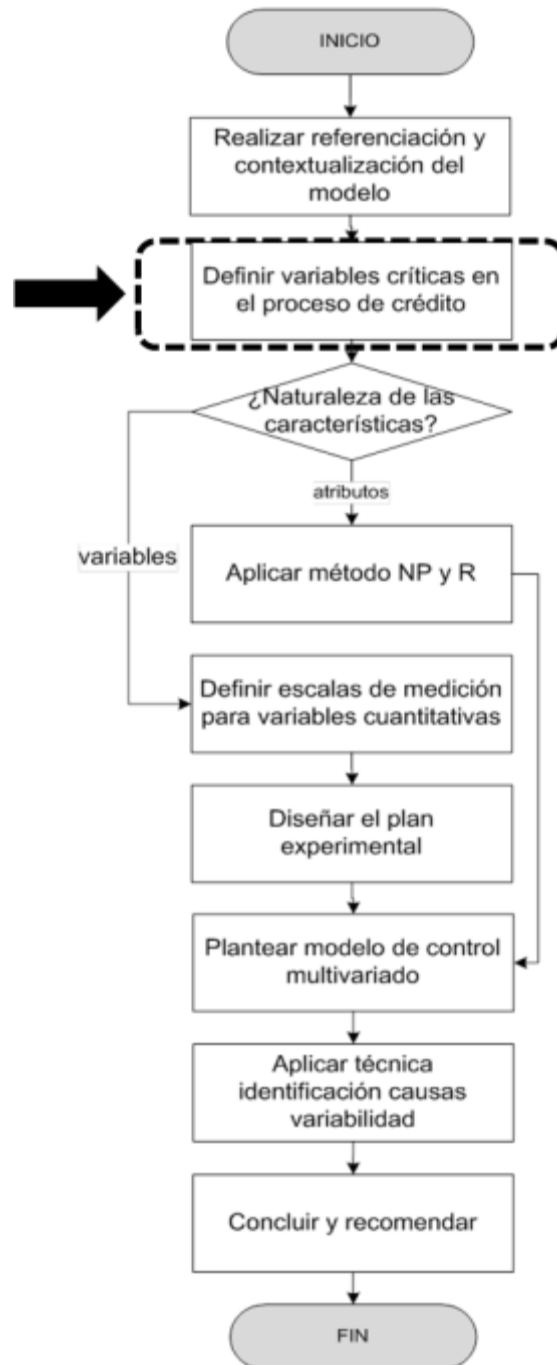
Los datos hallados en el estudio se sintetizados y a raíz de ellos se recomienda instaurar el método de control de calidad que más se ajuste para el monitoreo del proceso de crédito y se proponen estudios posteriores.

## **7.4 Fuentes y técnicas para la recolección de la información.**

Debido a que se trata de un trabajo Teórico-práctico, para la recolección de la información debe acudir a las fuentes primarias, en primer lugar a la observación, complementada con la obtención de datos internos de la empresa, a través de entrevistas y paneles de expertos. Además se toma información secundaria para la sustentación teórica.

## 8. DEFINICIÓN DE VARIABLES DE CALIDAD EN EL PROCESO DE CRÉDITO.

Figura: 8.1 Diseño metodológico: Definir variables críticas.



Al visualizar la organización como un sistema constituido por áreas, procesos y funciones correlacionadas que trabajan con el objetivo de satisfacer al cliente, las variables de calidad deben ser definidas a partir de dicho foco, especialmente en el sector financiero en el cual la experiencia obtenida por el consumidor en el canal donde se lleva a cabo la venta y la posventa, es determinante en su fidelización y en la potencialización de clientes nuevos. Hand y Crowder (2005).

Por otro lado el mercado conformado por agentes exógenos al sistema tales como proveedores, competidores, distribuidores y aliados, exige a la organización desarrollar estrategias diferenciadoras que apunten al mejoramiento de la participación en el mercado.

Finalmente a raíz de la satisfacción del cliente y una mayor cobertura del medio, se logra el cumplimiento de los objetivos de la organización, focalizados en la rentabilidad, la sostenibilidad y el crecimiento. Gumus y Koleoglu (2002).

Por esta razón la selección de las variables a controlar se realiza desde tres perspectivas: las expectativas del mercado, del cliente, y de la organización.

### **8.1 Expectativas del mercado**

Las expectativas del mercado se identifican en una compañía de acuerdo con las tendencias de consumo, las cuales en el sector financiero, especialmente para la adquisición de crédito están enmarcadas dentro de variables comerciales tales como la tasa de interés, el monto otorgado y el plazo del crédito; y variables del proceso entre las cuales se hallan la confiabilidad en la información suministrada, la exactitud en las transacciones, la seguridad, la rapidez y la efectividad en la comunicación. Johnson (1996) y Molina *et al.* (2007).

Las primeras variables corresponden a la estructuración del producto y la estrategia comercial de la compañía, por lo cual no serán abarcadas en el estudio.

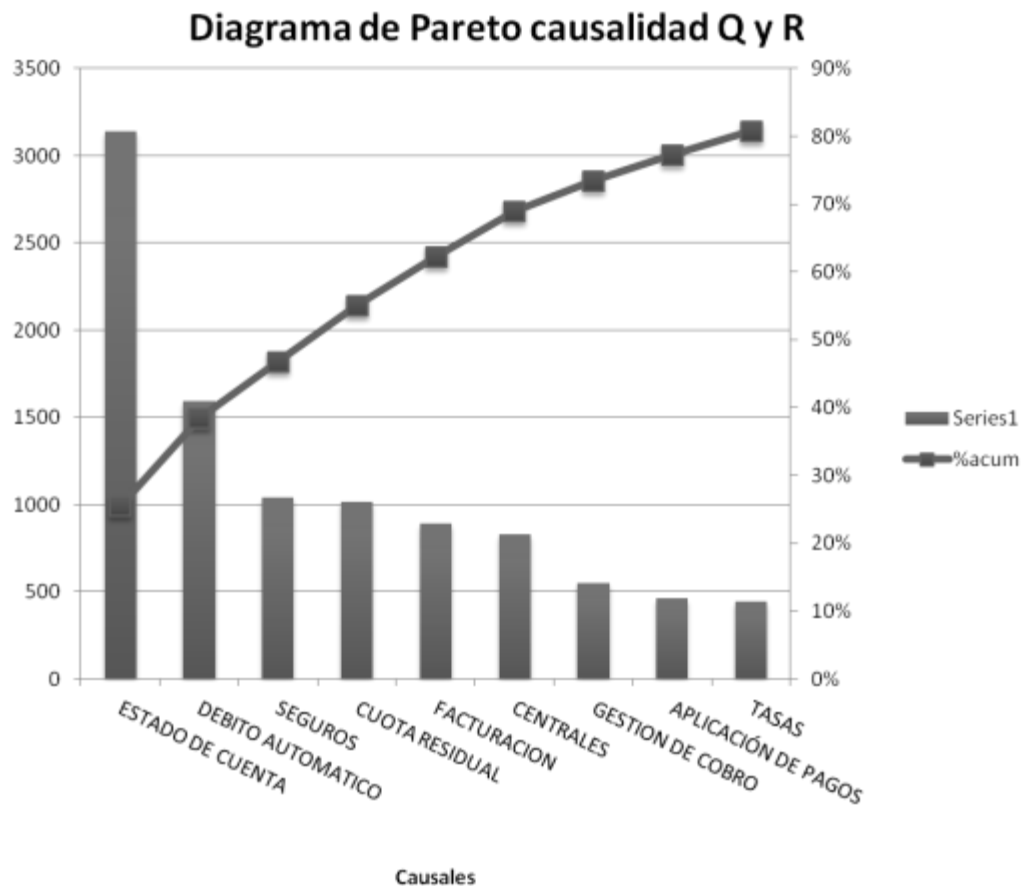
Por otro lado las variables del proceso están estrechamente relacionadas con la satisfacción del cliente en procesos de crédito en los cuales intervienen componentes tanto de servicio durante la asesoría y la legalización del crédito, como de elaboración durante su estudio y creación. Esta razón explica la relevancia de la consistencia en las variables del proceso ya que permite entregar al cliente lo inicialmente prometido, cerrando la brecha entre lo esperado y lo percibido. Lo anterior justifica por qué las entidades financieras con procesos estables tienen mayores niveles de satisfacción del cliente. Frei *et al.* (1997) citado en Maddern *et al.* (2007).

## 8.2 Expectativas del cliente

La identificación de variables críticas provenientes de la retroalimentación de los clientes existentes, obedece al análisis de los principales motivos de quejas y reclamos realizados en la entidad financiera en estudio, durante los últimos tres años, periodo en el cual la demanda del producto de la línea de crédito analizada ha adquirido una participación significativa en el mercado.

La figura 8.2, refleja las causales de requerimientos de los clientes que han generado el 80% de las quejas o reclamos durante los años 2009 a 2011, de un total de 12.317 solicitudes analizadas.

Figura 8.2. Diagrama de Pareto: causales del 80% de quejas y reclamos



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el figura 8.2, se infiere que los principales motivos de quejas y reclamos de la entidad financiera se deben a:

-Estados de cuenta, débito automático, seguros, cuota residual, facturación, centrales, gestión de cobro, aplicación de pagos y tasas.

Una vez identificadas las principales causas de solicitudes, quejas y reclamos de los clientes se tomó para cada una de ellas una muestra aleatoria de solicitudes específicas, con el fin de observar el motivo real por la cual el cliente instauró la queja.

Para este caso se hizo énfasis en aquellas solicitudes cuyo fallo final se registró a favor del cliente. Dichas solicitudes se reclasificaron en categorías generales debido a las similitudes existentes entre los motivos registrados en el sistema.

A raíz de la reclasificación fue posible inferir que las causas más frecuentes de quejas y reclamos de los clientes son:

- 50% se generaron por brechas entre el saldo esperado por el cliente y el facturado por la financiera.

-24,13% por la ejecución de procedimientos no autorizados o diferentes a los solicitados por el cliente.

-18,9% corresponde a percepción poco clara de la información por parte del cliente.

El estudio de los principales efectos obtenidos a partir de la reclasificación permitió inferir que sus causas raíz son: no conformidades durante el proceso de creación del crédito (apertura) e información deficiente durante la asesoría al cliente.

Ver anexo 2: Análisis de quejas y reclamos de clientes.

### **8.3 Expectativas de la organización**

Las expectativas de la organización están traducidas en sus objetivos estratégicos, por lo cual las variables críticas para la entidad financiera fueron extraídas de su proceso de planeación estratégica, en el cual, las prioridades competitivas se resumen en liderazgo en el mercado a través de la eficiencia operativa, simplicidad en los procesos, minimización de los tiempos de respuesta al cliente y la diversificación de sus productos.

### **8.4 Síntesis de expectativas**

Teniendo en cuenta el análisis de expectativas del sistema que enmarca a la entidad financiera estudiada, se han consolidado las variables más relevantes para cada componente del sistema con el fin de identificar aquellas que sean comunes, críticas y medibles. En la tabla 8.1, se sintetiza esta información.

**Tabla 8.1. Expectativas primordiales del sistema financiero.**

EXPECTATIVAS DEL MERCADO	EXPECTATIVAS DEL CLIENTE	EXPECTATIVAS DE LA ORGANIZACIÓN
Tiempo de respuesta	Respuesta oportuna a las solicitudes	Tiempo de respuesta
Consistencia en la información	Claridad en la asesoría	Eficiencia operativa
Beneficios comerciales: tasa, cuotas, servicios adicionales	Creación correcta del crédito	Diversificación

Nota: Las flechas indican relación de doble vía entre cada una de las variables.

Fuente: Elaboración propia.

### 8.5. Criterios para la selección de las variables objeto de estudio.

- Deben ajustarse a las características de un indicador. De acuerdo con la norma española UNE 66175 una variable indicador debe cumplir los siguientes requisitos:
  - Tener relación con actividades críticas para la organización, ser representativas y consistentes con el concepto a monitorear, y ser insumo para la toma de decisiones estratégicas.
  - Ser cuantificables, verificables y comparables en el tiempo, de modo que posibiliten probar la evolución del sistema a raíz de la implementación de la medición y mejoras en el proceso. Adicionalmente, al igual que los diagramas de control univariados, los modelos multivariados pueden ser aplicables tanto en variables como en atributos. No obstante en todas las aplicaciones de control

estadístico multivariado estudiadas, se han implementado siempre variables de la misma clase, es decir todas son cuantitativas o binomiales.

-Ser fáciles de interpretar y de mantener en el tiempo.

-Poder ser comparados con otros indicadores de la compañía tales como productividad, efectividad y rentabilidad. Asociación Española de Normalización y Certificación (2003).

- Deben ser comunes y estar relacionadas con las diferentes expectativas del sistema.

Seguidamente se analizan las variables desde los dos criterios mencionados, así:

-Tiempo de respuesta: Es crítico para el mercado y para la organización, además está relacionado con la eficiencia operativa que es una de las prioridades estratégicas de la entidad estudiada y para el aumento de la rentabilidad del producto.

-Consistencia en la información: Es una variable crítica tanto para el mercado como para el cliente y depende de la claridad en la asesoría inicial y final del producto; y de la correcta creación del crédito de acuerdo con las características prometidas al cliente.

-Creación correcta del producto y desembolso correcto: son variables transversales a las tres perspectivas puesto que inciden en la percepción del cliente sobre la consistencia de la información y fomenta la eficiencia operativa a través de la disminución de reprocesos.

La tabla 8.2, presenta las variables seleccionadas y las características de interés para el estudio.

**Tabla 8.2. Variables críticas a medir en el estudio.**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	FASE DEL PROCESO	MÉTRICA
Tiempo de respuesta	Ciclo del servicio percibido por el cliente, que comprende el tiempo	Desde la tramitación hasta	Tiempo (horas hábiles)



	desde la legalización del crédito hasta su desembolso.	el desembolso	
<b>Creación del crédito</b>	Consistencia de la información ingresada al sistema durante la creación del crédito.	Creación: Apertura del crédito	Calificación de calidad pseudo numérica.
<b>Desembolso</b>	Consistencia de la información ingresada en el sistema durante la realización del desembolso	Desembolso del dinero al beneficiario definido	Calificación de calidad pseudo numérica.
<b>Facturación</b>	Generación correcta de la primera factura del crédito de acuerdo con lo ofrecido al cliente	Desembolso del crédito	Calificación de calidad pseudo-numérica

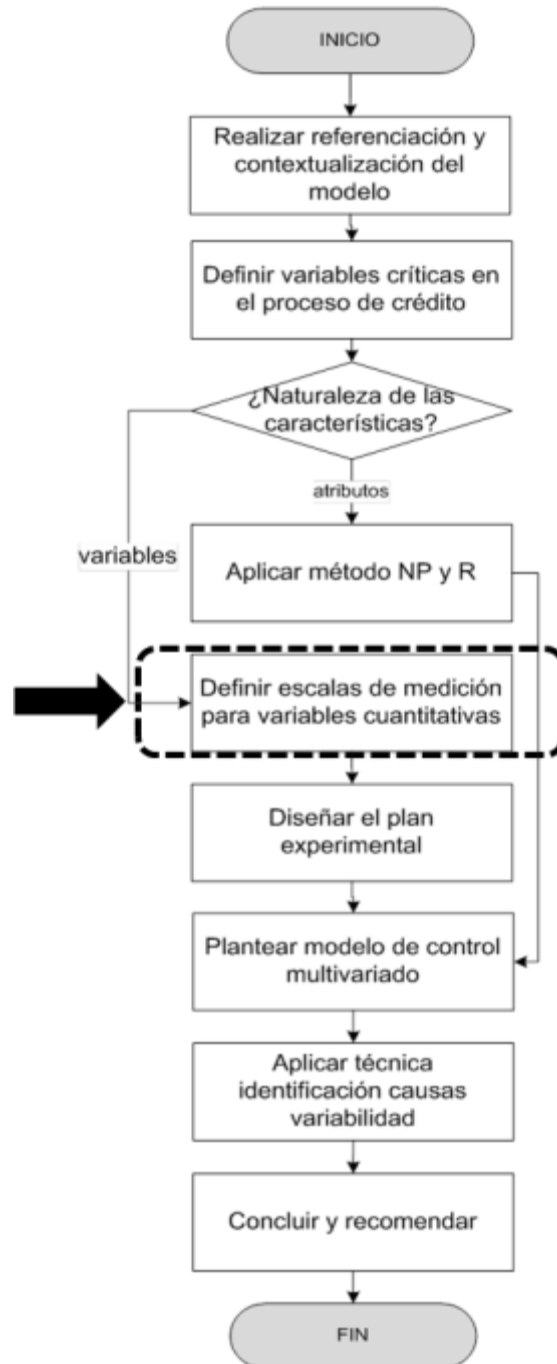
Fuente:

Elaboración

propia.

## 9 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES CRÍTICAS: CARACTERÍSTICAS, ESPECIFICACIONES Y ESCALAS.

Figura 9.1. Diseño metodológico: Definir escalas de medición



### 9.1 Construcción de la herramienta

Partiendo de la definición de calidad como el cumplimiento con los requisitos del producto, toda medición que se implemente debe estar sustentada en herramientas en la que se definan las especificaciones de calidad y sus escalas de medición, a la vez que proporcionen apoyo a los ejecutores del proceso, en la valoración de dichas especificaciones. Crosby (1987).

Para alinear el presente estudio con la mencionada definición, se construyó una herramienta en Excel® 2007, que permite realizar la verificación, calificación y monitoreo de las inconsistencias presentadas a través del proceso de crédito.

La herramienta está compuesta por cinco módulos en los cuales el usuario puede efectuar una verificación detallada de su proceso y automáticamente se califican y registran las medidas de cada una de las especificaciones de las variables críticas, todo lo anterior soportado en listas de chequeo construidas en conjunto con las áreas impactadas en la investigación.

La mencionada herramienta se denomina FINQUAL MONITOR: Control de calidad total, y es un gestor de calidad para el sector financiero, desarrollado por la investigadora para acopiar la información, asignar la magnitud de la falla, asignar los valores de las características de calidad, consultar los gráficos de control y definir las causas asignables de variabilidad, permitiendo a los ejecutores del proceso visualizar aquellos aspectos de cada característica que deben ser monitoreados y controlados. La herramienta ha sido diseñada y programada en Excel 2007®, utilizando las funcionalidades del lenguaje de programación Visual Basic compatible con la hoja de cálculo de Microsoft.

La figura 9.1 presenta el menú principal que despliega el acceso hacia las variables que se tendrán en cuenta en el modelo de calidad multivariado. Las funcionalidades y módulos de la herramienta se presentan en el Anexo 3.

Figura 9.1 Menú principal de la aplicación FINQUAL MONITOR



Fuente: Elaboración propia

## 9.2 Características y especificaciones

A continuación se presentan las características que componen cada una de las variables de calidad y las especificaciones definidas, con el fin de proveer al usuario nociones claras que permitan evaluar su cumplimiento.

### 9.2.1 Creación del crédito-Apertura (X1)

Se calcula a partir de la calificación de las características primordiales que inciden en la consistencia del crédito antes de realizar el desembolso. Las características a medir provienen de la información suministrada por la fuerza comercial en el momento de la asesoría y de la manera en que se digitan estos campos en el sistema:

1. Consistencia del código de producto con el tipo de operación: crédito o leasing
2. Código de promoción correcto
3. Datos del cliente consistentes: Nombre y cédula
4. Datos del avalista consistente: Nombre y cédula.
5. Valor a desembolsar de acuerdo con valor aprobado.
6. Plazo en el sistema consistente con el ofrecido al cliente.
7. Planes de pago correctamente digitados en el sistema.
8. Datos del distribuidor o canal de ingreso de la solicitud consistentes.
9. Cargos fijos asociados al producto, correctamente asignados.
10. Aprobación del crédito vigente.

Para realizar la medición se aplica una lista de verificación en la cual se especifican paso a paso los criterios a verificar, el procedimiento y la clasificación de la falla. La lista se detalla en el Anexo 3.

### **9.2.2 Calidad en el Desembolso (X2)**

Durante el desembolso del crédito se genera la cuenta por pagar al beneficiario del crédito y se constituye la garantía que soportará el crédito todo lo cual influye directamente en la calidad de la facturación y en la mitigación del riesgo existente al efectuar el préstamo. De aquí la importancia de esta etapa del proceso en la cual se estructura el crédito.

Las características a monitorear en esta fase del proceso son:

1. Consistencia en la forma de recaudo. Ingreso al sistema de la forma de pago: tarjeta de recaudo de acuerdo con el número asignado, o débito automático con la cuenta de ahorros autorizada para el pago.
2. Consistencia en la cuenta por pagar. Información en el sistema sobre el valor del desembolso y el beneficiario a quien se desembolsará el crédito de acuerdo con el documento de solicitud de desembolso.
3. Consistencia de la garantía. Información sobre el vehículo que respaldará la deuda: modelo, marca, dueño. Así mismo se considera en este punto el seguro sobre la garantía y sobre el deudor.

4. Validez de los documentos. Se verifica el adecuado diligenciamiento de los documentos que soportan el crédito y la garantía con el fin de que sean válidos ante la necesidad de instaurar procesos jurídicos.

Las especificaciones de esta etapa se establecen en la lista de chequeo que se presenta en el anexo 3.

### **9.2.3 Facturación (X3)**

La medición de esta variable consiste en la verificación del saldo total facturado conformado por el cálculo de capital, cargos fijos e intereses de acuerdo con el plan de financiación ofrecido al cliente. La verificación de esta variable está definida al final del proceso ya que asegura la correcta facturación del crédito, con el fin de intervenir la causa principal de quejas y reclamos que se presentan en la entidad financiera. Adicionalmente el monitoreo de la variable tiene como objetivo el análisis de fallas en la facturación generadas por el sistema y por el usuario.

Las características a revisar en esta variable son:

1. Asignación de la tasa: Se verifica la congruencia entre la información calculada y asignada por el sistema durante el desembolso, la información suministrada por la fuerza comercial durante la asesoría inicial y la digitada en el sistema durante la apertura en el área de crédito.
2. Planes de pago especiales: Dado que los planes de pago especiales se crean durante el desembolso pero se visualizan después de éste, en la etapa de facturación se verifica si el plan de pagos está calculando las cuotas de acuerdo con las condiciones ofrecidas al cliente.
3. Cargos fijos: Se verifica que los cargos fijos especiales como seguro de desempleo o extra prima de vida y endosos de seguro de vehículo estén correctamente asignados a la factura.

Las especificaciones detalladas de esta variable se visualizan en la lista de chequeo de facturación, en el anexo 3.

#### 9.2.4 Tiempo de respuesta (X4)

Se calcula a partir de la diferencia entre el registro de la fecha y hora en el momento de la firma de los documentos para la legalización del crédito; y la fecha y hora del desembolso. Esta variable representa el tiempo de respuesta de la entidad financiera ante el cliente, en el otorgamiento del crédito.

$T_r$  = tiempo de respuesta.

$t_i$  = Momento de finalización de la legalización del crédito.

$t_f$  = Momento del desembolso.

$d_n$  = días no hábiles

$k$  = horas laborales por día = 6,8

$$T_r = k(t_f - t_i - d_n)$$

Fuente:Elaboración propia

### 9.3 Escalas de medición

El uso de escalas de medición es fundamental en el análisis y monitoreo de la calidad de un sistema productivo ya que a través de ellas se logra visualizar el comportamiento de las características de calidad de manera objetiva y precisa. Especialmente en el enfoque multivariado, el uso de variables cuantitativas permite interpretar sus fluctuaciones, definir límites de control adecuados e identificar la variabilidad y las causas de falla del proceso con mayor exactitud que las características cualitativas. No obstante las aplicaciones en servicios y ciencias blandas de la ingeniería requieren la definición de un sistema de medición acorde con las especificidades del proceso. Montgomery (2001). Estudios previos aplicados en el sector servicio hacen uso de cartas de control por atributos para la medición y monitoreo de la calidad. Ospina (2009) implementa un modelo de medición con dos atributos que siguen una distribución binomial  $v1$  y  $v2$  expresadas de la siguiente manera:

$$v1, v2 = \begin{cases} 1, & \text{Si no se cumplió con la característica} \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Este tipo de mediciones es útil para conocer si la salida total del proceso está de acuerdo con las especificaciones definidas, aunque dicha salida esté compuesta por diversas características de calidad. Por tanto una de las formas de medir dichas características es emplear mediciones por variables para cada una de ellas.

Sin embargo en el estudio que se plantea, no todas las características de calidad inmersas dentro de cada variable tienen la misma relevancia para la organización o para el cliente, por ejemplo la parametrización inadecuada del vendedor a quien se dirige la comisión no tiene la misma relevancia que un pagaré sin firmar, ya que este último representa un riesgo inminente de pérdida de la garantía del crédito para la organización y supone mayores esfuerzos en tiempo y gestión para su corrección.



Por lo anterior es necesario definir un sistema de calificación para construir una especificación diferenciada de acuerdo con su importancia, con el objetivo de obtener el valor de la variable a partir de la magnitud del conjunto de especificaciones que la componen.

Para cumplir el mencionado objetivo, estudios como el propuesto por Marcucci (1985) citado en Topalidou y Psarakis (2009) plantean escalas cuantitativas en las cuales las características de calidad se evalúan como mayor no conformidad, menor no conformidad y conformidad, en gráficos de control multivariados.

Por consiguiente el estudio en curso hace uso de técnicas de calificación con las cuales se pretende convertir de manera sistemática, variables cualitativas en cuantitativas, transformando así juicios subjetivos en resultados cuantificables. Oficina Internacional del Trabajo (2004).

Este tipo de variables denominadas pseudocuantitativas permiten aplicar un tratamiento cuantitativo a características de origen cualitativo dicotómico, como las definidas para las etapas de crédito, desembolso y facturación, en las cuales las especificaciones de calidad se miden de acuerdo con su cumplimiento mediante la implementación de listas de verificación.

Una de las técnicas pseudocuantitativas que brinda solución a la necesidad de expresar la relevancia de cada falla en términos cualitativos es el Análisis de Modo de fallos y efectos, FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), la cual ha sido aplicada en el sector financiero para determinar el grado de efectividad del servicio prestado en función de las expectativas del cliente, así como para identificar los puntos en el servicio que son críticos y presentan fallas recurrentes. Stamatidis (2003).

La técnica FMEA plantea la medición en función de la falla y el efecto que genera, ya que cada inconsistencia presente en el proceso puede afectarlo de maneras diversas y su efecto puede tener varios niveles de repercusión. En este sentido la técnica mide la calidad en dos dimensiones: la gravedad y la probabilidad de ocurrencia.

### 9.3.1 Gravedad de la falla.

La gravedad cuantifica el grado del impacto de una falla sobre el sistema productivo en una escala de 1 a 10, siendo 10 el efecto más severo que se traduce en la inhabilidad del sistema para producir, pérdidas económicas para la organización, impacto negativo sobre la percepción de servicio del cliente e incumplimiento de las regulaciones del gobierno. Statmatis (2003).

De acuerdo con lo anterior se plantea la escala de severidad, con la cual en este estudio se ha medido el impacto de una falla sobre el sistema productivo de la línea de crédito de vehículo. La escala de calificación que se plantea es de 1 a 10 y su categorización se describe en la tabla 9.1.

**Tabla 9.1. Escala de gravedad de fallas para el proceso de crédito.**

CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
10	<b>Categoría 1:</b> Catastrófico: Falla que puede derivar en pérdida económica o incumplimiento a entidades reguladoras. Ejemplo: desembolsar un valor mayor al solicitado, materialización de fraude.
9	
8	<b>Categoría 2:</b> Crítica: Falla que puede contribuir a un daño mayor en el sistema, a la interrupción del servicio o a la entrega de un producto final visiblemente defectuoso para el cliente. Ejemplo: producto ingresado de manera errónea en el sistema.
7	
6	
5	<b>Categoría 3:</b> Marginal. Falla que contribuye a un daño menor en el sistema que puede verse reflejado en un reproceso o retraso moderado en el cumplimiento de la promesa al cliente.
4	
3	
2	<b>Categoría 4:</b> Poco relevante. Falla que contribuye a un daño que puede ser imperceptible por el cliente y por la organización.
1	

Fuente: Autora con base en Statmatis (2003).

Es de anotar que la asignación de la gravedad para las especificaciones definidas en cada variable del proceso, se llevó a cabo en conjunto con las directivas encargadas de la operación en el proceso de crédito y desembolsos, a partir de las definiciones planteadas en la tabla de escalas de gravedad de las fallas.

### 9.3.2 Probabilidad de la falla

La probabilidad de ocurrencia, indica la frecuencia con la cual cierto tipo de inconsistencia tiende a presentarse durante el proceso causando alguna perturbación. Dicha frecuencia puede ser estimada a partir de un análisis de Pareto, aplicado a los datos históricos de fallas del proceso, en el cual se visualiza la contribución de cada efecto, en el total de inconsistencias generadas y se da un mayor peso a los efectos críticos a los que se les atribuye el mayor porcentaje de fallas. Hecht (2003).

Una aplicación bastante conocida de la ley de Pareto, conocida como “Distribución ABC”, permite clasificar los datos en 3 categorías, así: primer 20% de los datos, Clasificación A; siguiente 30% de los datos: clasificación B; 50% restante, Clasificación C. En todos los casos, los porcentajes son arbitrarios y pueden variar.

La definición de la probabilidad de ocurrencia de fallas en cada una de las especificaciones del proceso de crédito, se realizó partiendo del concepto de Hecht (2003), para lo cual se analizaron las inconsistencias presentadas en las actividades de tramitación, apertura, desembolso y facturación durante el año 2011 en Antioquia. Véase anexo 4.

Una vez obtenidos los históricos de inconsistencias, la calificación se realizó asignándole una escala de 1 a 3, a la frecuencia de aparición de las fallas de acuerdo con la clasificación ABC, realizada en el anexo 4, y con los criterios de las directivas del proceso de crédito, según las cuales, una falla que ocurre de manera regular (tipo A), constituye un problema grave que debe monitorearse con rigurosidad, por lo cual se le asigna calificación 3; de esta forma una falla que no tenga impacto severo sobre el sistema productivo, pero que posea errores en el proceso, va a adquirir preponderancia en los

métodos de control, al triplicarse su valor, en el puntaje final. Igualmente, fallas cuya frecuencia de ocurrencia es media (Tipo B), se les asigna valor 2, ya que sigue siendo importante el monitoreo de las mismas. En ese orden de ideas, las fallas cuya ocurrencia es mínima ó nula (Tipo c), su valor de calificación de impacto, no debe ser modificado, por lo cual se le asigna valor 1. La validez de esta metodología, ha sido verificada por la Organización Internacional del trabajo, 2.004.

La tabla 9.2, resume las clasificaciones realizadas en el Anexo 4 y la calificación aplicada, de acuerdo con la frecuencia de aparición.

**Tabla 9.2. Porcentaje de aparición de las fallas y ponderación aplicada.**

<b>Porcentaje de fallas</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Fallas presentadas</b>	<b>Calificación aplicada.</b>
25%	A	7,1- en adelante	3
39%	B	2.81-7,0%	2
36%	C	0-2.8 %	1

La tabla muestra que el 25% de las fallas observadas en 2.011 en la regional de Antioquia, aparecieron con una frecuencia superior al 7.1% (entre 7.1 y 15.1%), el 39% de los errores, se presentaron con una frecuencia entre 2.81 y 7%, y el 36% de las fallas se presentaron con una frecuencia entre 0 y 2.8%.

#### 9.4 Cuantificación de las fallas.

El valor asignado a la especificación (e), se obtiene multiplicando las dos dimensiones analizadas: Gravedad de la falla (G), por la calificación dada a la probabilidad de ocurrencia (C).

$$e = G \times C$$

Fuente: Elaboración propia.

El resultado detallado de la asignación de las dos dimensiones para la medición de las fallas se presenta en el Anexo 5.

La tabla 9.3, permite visualizar el resumen de la asignación de las escalas de medición para las variables definidas, de acuerdo con el anexo en mención.

**Tabla 9.3. Asignación de escalas de medición para las variables definidas**

VARIABLE	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Creación del crédito (X1)	0= sin fallas	154
Desembolso (X2)	0= sin fallas	284
Facturación (X3)	0= sin fallas	152
Tiempo de respuesta (X4)	0 horas laborales	∞

La calificación máxima corresponde al valor crítico de la variable, suponiendo que existen inconsistencias en todas las especificaciones que la componen, dado que el valor de la variable se calcula a partir de la sumatoria del puntaje obtenido por cada una de sus especificaciones, de la siguiente manera:

$$x_k = \sum_{i=1}^l \begin{cases} e_i * 1 & \text{en caso de falla} \\ e_i * 0 & \text{en caso contrario} \end{cases}$$

Fuente: Elaboración propia

Donde,

$X$ = variable de calidad

$k$ = Número de la variable de calidad

$l$ = Número de especificaciones por variable.

$e$ = Valor de la especificación.

El tiempo de respuesta ( $X_4$ ) es una variable continua que se mide en horas laborales, por lo cual la escala puede tomar cualquier valor en el conjunto de los números reales; esto explica el hecho de que el valor máximo de la variable sea infinito.

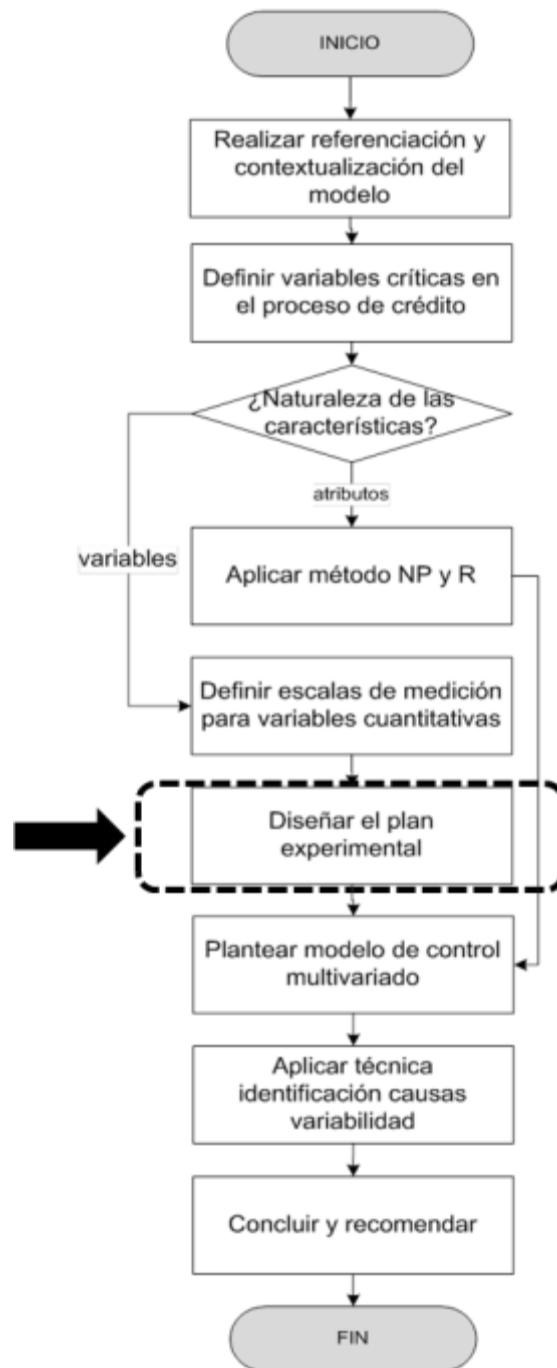
No obstante lo anterior, es importante anotar que la organización posee valores de especificación mínima para el número de fallas, tal como lo muestra la tabla 9.4

**Tabla 9.4 Especificaciones de la organización para el número máximo de fallas, según variable.**

VARIABLE	VALOR MÍNIMO	LÍMITE SUPERIOR	VALOR MÁXIMO PERMITIDO
<b>Creación del crédito (X1)</b>	0= sin fallas	154	20
<b>Desembolso (X2)</b>	0= sin fallas	284	30
<b>Facturación (X3)</b>	0= sin fallas	152	20
<b>Tiempo de respuesta (X4)</b>	0 horas laborales	$\infty$	24

## 10 DISEÑO DEL PLAN EXPERIMENTAL.

Figura 10.1 Diseño metodológico: Diseñar el plan experimental



En el presente capítulo se establecen los lineamientos para el desarrollo del experimento. La primera actividad en el diseño del plan experimental, consiste en hallar el tamaño de la muestra, teniendo presente que para que las inferencias estadísticas del estudio sean validas deben seleccionarse muestras representativas. Una vez obtenido el tamaño de la muestra, se procede a realizar el plan de mediciones, garantizando la aleatoriedad en la obtención de los datos. Finalmente, se plasman las restricciones y los recursos destinados a la mencionada actividad.

### 10.1 Tamaño de la muestra

Durante la última década se han llevado a cabo algunas investigaciones sobre métodos de definición de criterios para la selección de un tamaño de muestra adecuado en aplicaciones de control estadístico multivariado; muchas de ellas sugieren dicha definición con base en criterios como la magnitud de los cambios que se desean detectar en la media, el número de variables de calidad y el costo de la investigación; no obstante no se ha planteado un modelo matemático generalizable para la obtención del tamaño de la muestra. Chen (2007), Haro (2001) y Aparisi (1997).

Montgomery (2001) reafirma la importancia del criterio de la magnitud de las posibles variaciones del proceso, indicando que mientras mayor sea el tamaño de la muestra mayor es la probabilidad de detectar cambios menores en la media.

Por otro lado Aparisi (1997) propone cinco planes de muestreo en los cuales se optimiza el costo de la inspección, mientras se minimiza el valor del AVD (*Average Duration*), tiempo promedio que debe transcurrir en el proceso para que el gráfico de control detecte un cambio en la media. Los planes consisten en la definición del tamaño de la muestra ( $n$ ) y la frecuencia ( $f$ ) de inspección en unidades de tiempo, como se presenta a continuación:



1.  $n = 1$   $f = 1$  unidad de tiempo
2.  $n = 2$   $f = 2$  unidades de tiempo
3.  $n = 3$   $f = 3$  unidades de tiempo
4.  $n = 5$   $f = 5$  unidades de tiempo
5.  $n = 7$   $f = 7$  unidades de tiempo

Complementando esta definición, Chen (2007) propone un método de muestreo en el cual, al inicio del proceso se definen aleatoriamente el tamaño de muestra y la frecuencia de observación con base en los criterios anteriormente mencionados. Posteriormente y con base en los resultados obtenidos de los primeros gráficos de control, se ajustan los valores de la muestra teniendo en cuenta que mientras mayor sea el tamaño de la muestra, mayor es la frecuencia del muestreo.

Teniendo en cuenta lo dicho y dado que el presente estudio tiene como objetivo efectuar el primer diagrama de control del proceso, el tamaño de la muestra es seleccionado de acuerdo con los criterios especificados en los estudios consultados y por las características específicas de las variables involucradas en este estudio, así:

En primer lugar, teniendo en cuenta que la magnitud de los rangos definidos en las escalas de medición, es significativo e identificable, es posible seleccionar un tamaño de muestra pequeño ( $n=4$  para este estudio) y en segundo lugar definir el período de tiempo en el cual se deben recopilar los datos (21 días).

Para la elección del número de observaciones a realizar, se tomó como base el volumen de operaciones promedio por día, con lo cual se determinó un número representativo de créditos a ser muestreados cada día durante la investigación. Este dato se obtuvo a partir del estudio de la cantidad total de créditos creados en el sistema durante todos los días hábiles de 2011 (6.838), hallando así el promedio diario de créditos desembolsados por día (27,8) y la desviación estándar (9.8 créditos/día). Con los datos así obtenidos, tomando un error de 8 créditos/día y un intervalo de confianza del 90%, se obtuvo un tamaño de muestra de 4 créditos/día. La tabla 10.1, resume estos datos.

**Tabla 10.1 Resumen del estudio de créditos creados durante 2.011 y obtención del tamaño de la muestra diaria.**

No. Días estudiados	Total créditos creados 2.011	Promedio diario de créditos	Desviación estándar	Intervalo de confianza	Error	No. Observaciones día
246	6.838	27,8	9.8	90%	8	4

Población (N)= Total de créditos creados en los días hábiles de 2.011.

N= 6.838 créditos

$\sigma = 9,8$  desviación estándar poblacional de créditos creados por día durante 2011.

$n =$  tamaño de muestra para población finita y desviación estandar conocida

$$n = \left( \frac{Z^2_{\alpha/2} \sigma^2 * N}{e^2(N-1) + Z^2 \sigma^2} \right) \quad \text{Walpole (1999)}$$

$$n = 4,11 \approx 4 \text{ Créditos / día}$$

De acuerdo con lo anterior el tamaño de la muestra corresponde a 4 créditos cuyas variables de calidad son registradas con una frecuencia de 1 día hábil (6,8 horas), durante 21 días, iniciando en la etapa de tramitación. Para cada crédito se monitorearon las variables de calidad de las etapas subsiguientes: crédito, desembolso, facturación y tiempo total.

La frecuencia de la medición se establece como un día laboral, ya que el proceso de tramitación de créditos no es continuo, puesto que obedece a la llegada de los clientes para la firma de documentos. Se define entonces el inicio del momento a partir del cual son registradas las 4 observaciones del día. El diseño de la investigación se define como un modelo multivariado para observaciones individuales, que corresponden a un tamaño

inicial de la muestra de 84 observaciones (21 días de duración de la investigación, por cuatro observaciones diarias).

## 10.2 Aleatorización del experimento.

Durante la ejecución del experimento se aleatoriza el momento del día en que se toma el registro, con el objetivo de evitar en el resultado la influencia de factores que están fuera del alcance del estudio tales como:

-Rendimiento del personal: De acuerdo con la curva de eficiencia, los primeros y últimos momentos del turno son los menos efectivos, dado que el ejecutor del proceso requiere una curva de adaptación durante las primeras horas, mientras que en las últimas su rendimiento está afectado por la fatiga. Organización Internacional del Trabajo (2001).

-Volumen de operaciones: Ciertos días de la semana y del mes o en horas específicas del día, el volumen de operaciones de tramitación del crédito aumenta, o por el contrario disminuye significativamente debido al comportamiento habitual del mercado, por lo cual puede afectarse positiva o negativamente la calidad en la ejecución del proceso.

Para realizar la aleatorización del experimento se estableció el siguiente procedimiento:

1. Se dividió la jornada laboral en cuatro bloques de dos horas, quedando así dos bloques en el turno de la mañana y dos en el de la tarde.
2. Se alternaron las mediciones entre el turno de la mañana (am) y el de la tarde (pm), para asegurar la obtención de datos en ambos turnos.
3. Se asignó de manera aleatoria, el bloque de horas en que serían tomados los registros del día. Con lo cual se garantiza que los datos sean tomados en todos los bloques de la jornada.
4. Por último, teniendo en cuenta que fueron dos los funcionarios encargados de la medición, éstos se asignaron equitativamente a los dos canales o líneas de negocio de la financiera (líneas 1 y 2) teniendo en cuenta que ambos canales generan registros tanto en la mañana como en la tarde.

En función de lo anterior, el plan de medición que se obtuvo fue el siguiente:

**Tabla 10.1. Plan de medición**

<b>Día</b>	<b>Fecha</b>	<b>Turno</b>	<b>Bloque</b>	<b>Canal</b>
1	01/03/2012	AM	2	2
2	02/03/2012	PM	2	1
3	05/03/2012	AM	2	1
4	06/03/2012	PM	2	2
5	07/03/2012	AM	1	2
6	08/03/2012	PM	2	1
7	09/03/2012	AM	2	1
8	12/03/2012	PM	1	2
9	13/03/2012	AM	1	2
10	14/03/2012	PM	1	1
11	15/03/2012	AM	1	1
12	16/03/2012	PM	1	2
13	20/03/2012	AM	2	2
14	21/03/2012	PM	2	1
15	22/03/2012	AM	2	1
16	23/03/2012	PM	1	2
17	26/03/2012	AM	2	2
18	27/03/2012	PM	1	1
19	28/03/2012	AM	1	1
20	29/03/2012	PM	1	2
21	30/03/2012	AM	2	2

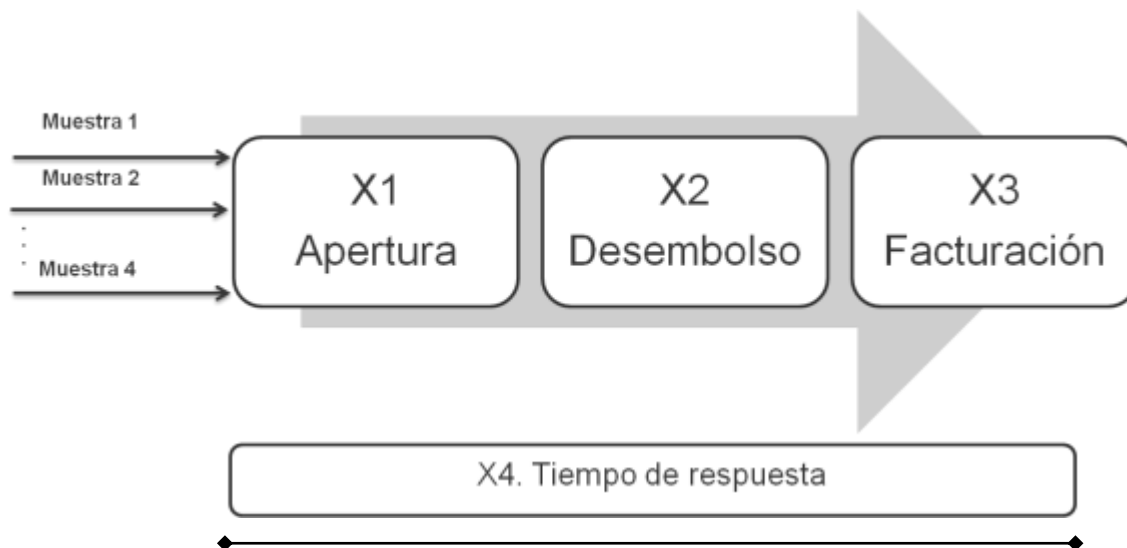
Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se establecen los días y horas en los que fueron tomados cada uno de los ocho registros diarios en el proceso de asesoría, durante la legalización del crédito. A partir de esta medición, se monitorearon los créditos a través de las actividades subsiguientes hasta el desembolso.

El anterior procedimiento, se basó en lo expuesto por la Organización Internacional del Trabajo( 2.001), según la cual, un estudio tiene validez siempre y cuando se pueda realizar el número de observaciones necesarias para lograr el nivel de confiabilidad deseado y a condición de que las observaciones se hagan de manera aleatoria. Para asegurar esto último, expresa el texto de la OIT, puede usarse una tabla de números aleatorios; para el caso específico de este estudio dichos números se generaron a través del método de aleatorización de la hoja de datos de Excel. La jornada laboral para el

caso de estudio es de ocho horas, tal como la presentada en el ejemplo del mencionado texto, en el cual se dividió tal jornada en intervalo de diez minutos; para este caso el intervalo fue de dos horas, ya que no es probable que haya clientes para solicitar créditos en períodos inferiores de tiempo.

Figura 10.2. Plan de registro de observaciones.



Fuente: Elaboración propia

### 10.3 Factores constantes y restricciones del experimento.

Los factores que permanecieron constantes durante la investigación se deben principalmente a las restricciones del estudio, no obstante lo anterior, se hizo un detenido análisis sobre las implicaciones de dichas restricciones, para que éstas no le restaran validez al estudio.

1. La regional. Tal como se ha expuesto, la regional elegida para la recolección de la información primaria fue Antioquia, por ser ésta la sede principal de la entidad financiera, por poseer el segundo volumen más importante de cartera del país, después de Bogotá y por la facilidad para la investigadora.
2. Período de recolección de la información. Los datos fueron tomados durante todos los días hábiles del mes de Marzo de 2012, contándose en total 21 días. La selección del mes corresponde a una restricción del estudio, toda vez que la programación de fechas de entrega del informe de investigación, obedece a

criterios fuera de control por parte de la investigadora. Sin embargo, para efectos de que este evento no reste significancia al estudio, se realizó un análisis de desembolsos correspondiente a 2.010 y 2.011, el cual dio como resultado que el mes elegido, tiene un comportamiento típico, ya que representó el 8.6% de los desembolsos en 2.010 y el 7.8 de los ejecutados durante 2.011, porcentajes que corresponden a los meses del año, cuyo comportamiento es centrado.

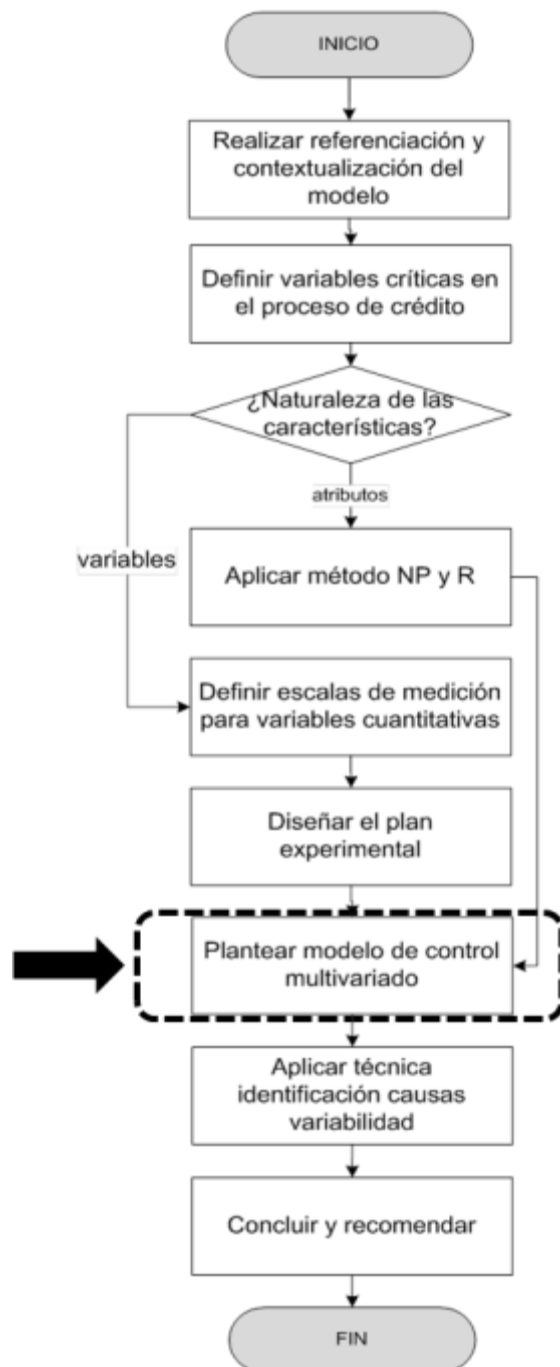
3. Personal de apoyo para el acopio de los datos. Se contó con dos auxiliares, los cuales fueron designados por la jefatura operativa de la regional. La elección de dichos auxiliares, obedeció a técnicas recomendadas por la organización internacional del trabajo, 2.001, según la cual, para elegir un operario que hará parte de un estudio de muestreo, es necesario tener en cuenta que los funcionarios a elegir, sean competentes y constantes, que posean rendimiento promedio y tengan la experiencia y conocimientos para realizar su trabajo de acuerdo con normas satisfactorias de calidad. Con base en lo anterior, se hizo un análisis del registro de inconsistencias de los dos primeros meses del 2.012, y se seleccionaron los funcionarios con número promedio de inconsistencias (3.4 y 3.9% del total de las inconsistencias, siendo éste un valor central), cerciorándose además de que tuvieran la experiencia y perfil similares a lo recomendado.
4. Datos que serán eliminados: los de mayor tiempo que se debieron a que no existía disponibilidad de inventario del vehículo solicitado en el concesionario.

#### **10.4 Observaciones adicionales sobre la obtención de los datos.**

La observación se realizó sobre los cuatro créditos que se tramitaran a partir de la hora establecida en el plan de registro. Durante las primeras dos semanas de la prueba, el personal designado para participar en la investigación fue acompañado en la operación de la herramienta para asegurar un uso adecuado de la misma. Las siguientes dos semanas se instaló el gestor de calidad en la carpeta compartida de la regional Antioquia, para permitir a los auxiliares designados realizar sus registros de manera autónoma.

## 11 MODELO DE CONTROL MULTIVARIADO.

Figura 11.1 Diseño metodológico: Plantear el modelo de control multivariado



En el presente capítulo se analizan los datos registrados en la herramienta “FINQUAL” a través de un modelo de control estadístico multivariado, en el cual se estudia el efecto sobre el comportamiento del proceso, dadas las características de calidad definidas a lo largo de la cadena productiva de la fábrica de crédito de la entidad financiera. El planteamiento del análisis multivariado parte del cálculo y representación gráfica del estadístico  $T^2$ , para observaciones individuales planteado por Montgomery (2001).

## 11.1 Planteamiento del modelo

A continuación se describe el modelo estadístico implementado para el análisis de los datos obtenidos de la observación del proceso de crédito.

### 11.1.1 Estadístico $T^2$ de Hotelling

De acuerdo con las características de los datos obtenidos del proceso y teniendo en cuenta la naturaleza del servicio, se construyen diagramas de control en los que el tamaño del subgrupo en los datos tomados es  $n=1$ . En este caso Montgomery (2001) establece el estadístico  $T^2$  como:

$$T^2 = (X - \bar{X})' S^{-1} (X - \bar{X}) \quad (1)$$

Donde,

$X$ = vector de las observaciones registradas para cada una de las  $p$  variables.

$\bar{X}$ = vector de la media de cada una de las  $p$  variables.

$S$ = matriz de covarianza muestral.



En la ecuación (1) el primer término se calcula como el vector transpuesto de la diferencia entre cada observación de la característica  $p$  y su media, el segundo término corresponde a la matriz inversa de la covarianza y el tercer término al vector de la diferencia entre cada observación de la característica  $p$  y su media.

La estimación de la matriz de covarianza se realiza a través de dos modelos que posteriormente son comparados con el fin de inferir cuál es más sensible ante cambios en la media. El primer estimador  $S_1$  propuesto por Sullivan y Woodall citados en Montgomery (2001), es una extensión de la estimación de la matriz de covarianza para datos subgrupados. Por otro lado el estimador  $S_2$  establecido por Holmes y Mergen citados en Montgomery (2001) parte de la diferencia entre dos observaciones sucesivas.

$$S_1 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})' \quad (2)$$

$$S_2 = \frac{1}{2} \frac{(V'V)}{m-1} \quad (3)$$

Donde  $V$  es el vector conformado por las diferencias entre dos observaciones sucesivas correspondientes a cada una de las  $p$  características de calidad.

### 11.1.2 Límites de control

Debido a que el estudio de control estadístico que se implementa en la entidad financiera obedece al primer acercamiento hacia la caracterización del proceso, se aplican límites de control para la fase I. En este sentido Tracy, Young y Mason citados en Montgomery (2001) establecen la siguiente ecuación para el cálculo del límite de control superior a partir de una distribución Beta, como una alternativa más precisa en esta etapa del estudio en la cual no es adecuado establecer límites en función de distribuciones F y Chi-cuadrado.

$$LCS = \frac{(m-1)^2}{m} \beta_{\alpha, p/2, (m-p-1)/2} \quad (4)$$

Para hallar el valor de la distribución Beta con los parámetros establecidos, Correia, Neveda y Oliveira (2011) aplican el concepto de Tracy (1992) en el cual el término que está en función de la distribución Beta, se calcula a través de una expresión en función de una distribución F, como se presenta en la siguiente ecuación:

$$\beta_{\alpha, p/2, (m-p-1)/2} = \frac{\frac{p}{m-p-1} F_{\alpha, p, (m-p-1)}}{1 + \frac{p}{m-p-1} F_{\alpha, p, (m-p-1)}} \quad (5)$$

El límite de control hallado para la elaboración de los gráficos de control multivariados se calcula de la siguiente manera:

$$p=4$$

$$m=78$$

$$\alpha=0,01$$

$$F_{(0,01, 4, 73)}=3,036$$

$$LCS=10,84$$

Los puntos por fuera de control se identifican cuando  $T^2 > LCS$ .

## 11.2 Análisis de datos

De acuerdo con el modelo planteado anteriormente se lleva a cabo el análisis de los datos obtenidos durante la investigación. Inicialmente se realiza la caracterización de los datos con el fin de soportar la implementación del modelo de control multivariado a partir del estadístico  $T^2$ .

Los datos correspondientes a las observaciones  $i = 84, 82, 76$  y  $65$ , fueron eliminados del análisis debido a que en la fecha en que se realizaron los cálculos, las obligaciones no habían sido procesadas a través de la apertura y el desembolso, razón por la cual no existían datos del monitoreo en dichas etapas.

Por otro lado, las observaciones  $4$  y  $29$  fueron eliminadas del análisis debido a que el tiempo de respuesta se incrementó ostensiblemente ya que los concesionarios en los cuales se adquirió el vehículo, no poseían existencias del color deseado por el cliente, por lo cual el desembolso se postergó hasta la llegada del vehículo. Este hecho es ajeno al proceso de crédito de la entidad financiera, por lo tanto estos eventos fueron descartados del estudio.

Luego de descartar los datos mencionados anteriormente el estudio se efectuó sobre un total de  $m = 78$  observaciones individuales.

### 11.2.1 Caracterización de los datos

El modelo de control estadístico multivariado de Hotelling parte de la suposición de normalidad de las características de calidad, por tanto el desarrollo estadístico del mismo proviene de una distribución normal multivariada. Montgomery (2001). A raíz de esta definición, se presentan las pruebas de normalidad de Ryan-Joiner equivalentes a la prueba de Shapiro Wilk, con una confiabilidad del 95%,  $\alpha = 0,05$ , efectuadas a través del software estadístico Minitab 15 ®.

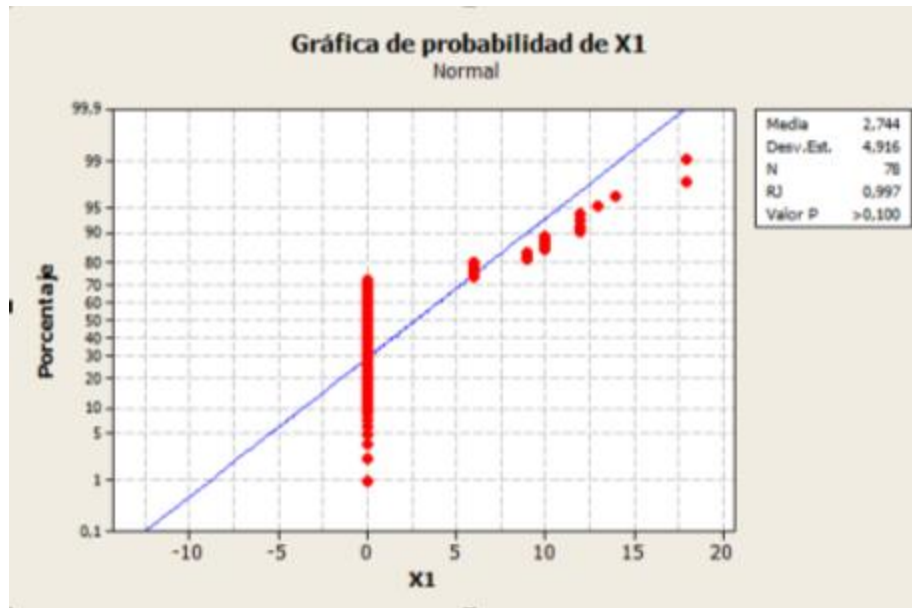
Las pruebas se aplican a cada una de las características estudiadas: calidad de la apertura, calidad del desembolso, calidad en la facturación y tiempo de respuesta.

#### Prueba de normalidad calidad de la apertura (X1)

$$H_0 = x_1 \sim N(\mu, \sigma)$$

$H_1 = x_1$  no sigue una distribución normal

Figura 11.2. Gráfica de probabilidad normal X1



Fuente: Elaboración propia en Minitab 15 ®

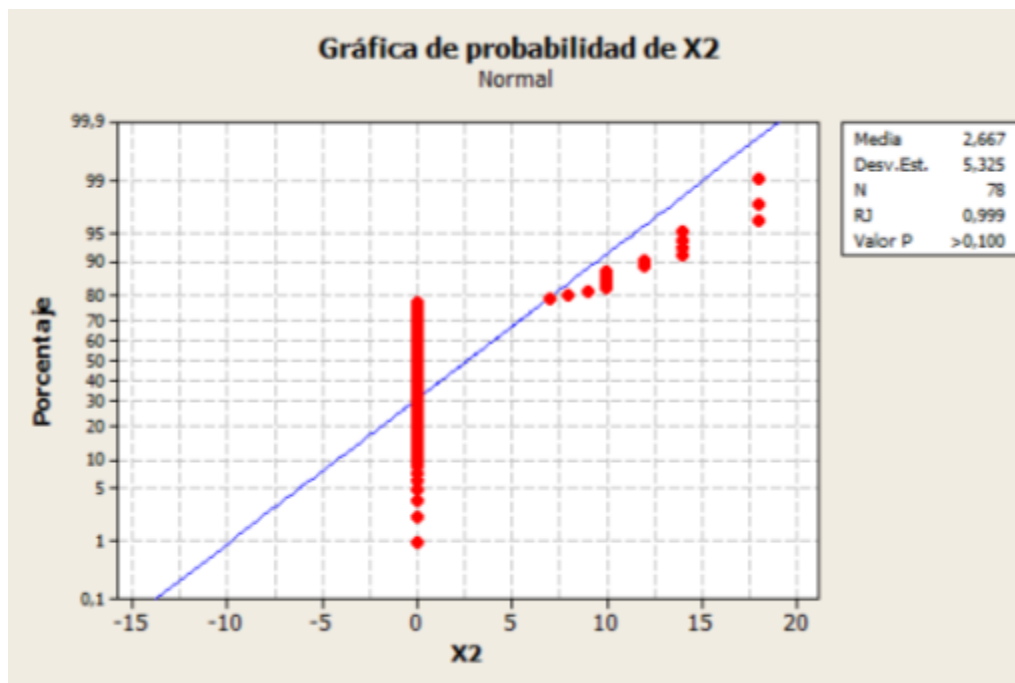
RJ= 0,99. P valor > 0,1. Se acepta  $H_0$ ,  $X_1$  sigue una distribución normal.

### Prueba de normalidad calidad del desembolso ( $X_2$ )

$H_0 = x_2 \sim N(\mu, \sigma)$

$H_1 = x_2$  no sigue una distribución normal

Figura 11.3. Gráfica de probabilidad normal de X2



Fuente: Elaboración propia en Minitab 15 ®

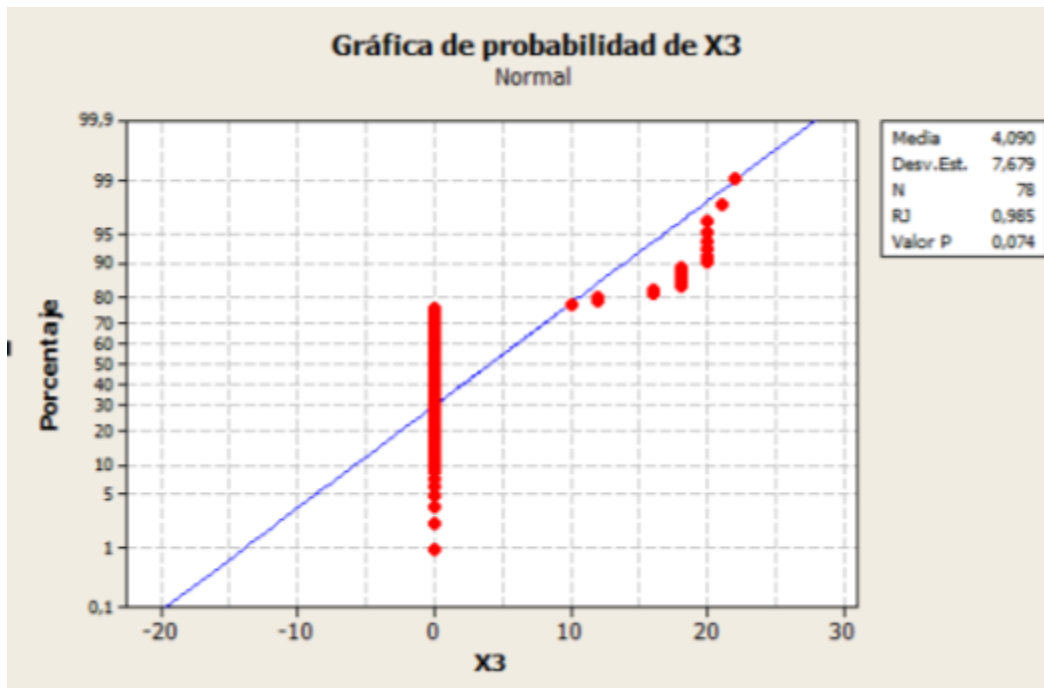
RJ= 0,99 P valor > 0,1. Se acepta H0, X2 sigue una distribución normal.

### Prueba de normalidad calidad de la facturación (X3)

$$H_0 = x_3 \sim N(\mu, \sigma)$$

$H_1 = x_3$  no sigue una distribución normal

Figura 11.4. Gráfica de probabilidad normal de X3



Fuente: Elaboración propia en Minitab 15 ®

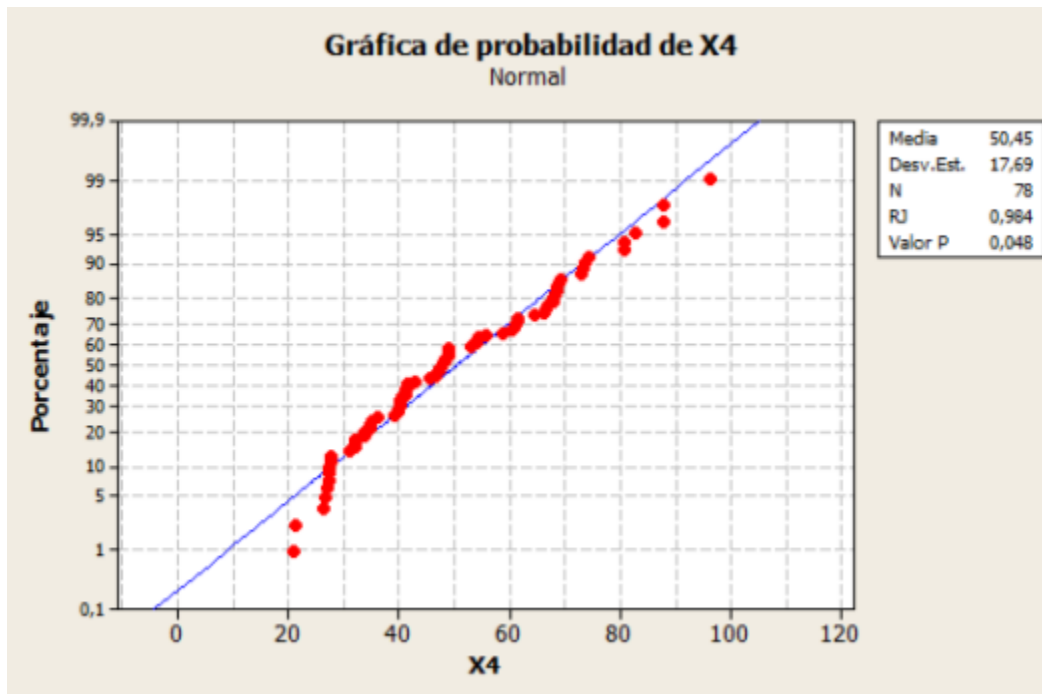
RJ= 0,98 P valor > 0,05. Se acepta  $H_0$ , X3 sigue una distribución normal.

#### Prueba de normalidad Tiempo de respuesta (X4)

$$H_0 = x_4 \sim N(\mu, \sigma)$$

$$H_1 = x_4 \text{ no sigue una distribución normal}$$

Figura 11.5. Gráfica de probabilidad normal de X4



Fuente: Elaboración propia en Minitab 15 ®

RJ= 0,98 P valor = 0,048  $\approx$ 0,05, la característica de calidad sigue una distribución muy cercana a la normal.

De acuerdo con las pruebas de normalidad se infiere que es posible aplicar el estadístico  $T^2$ , para el análisis de las características de calidad, las cuales en conjunto siguen una distribución normal multivariada  $N_p(\mu, \Sigma)$ , donde  $\Sigma$  corresponde a la matriz de covarianza de las p características.

### Correlación:

La correlación mide la intensidad y dirección en que dos variables se relacionan de manera lineal. La presencia de correlación entre variables justifica la implementación de un modelo multivariado, toda vez que dicha dependencia puede generar señales fuera de control que no son detectadas al monitorear cada variable de manera individual. Montgomery (2001).

Para el problema de investigación estudiado en una entidad financiera, se obtiene la siguiente matriz de correlación en la cual se incluyen las cuatro características de calidad, monitoreadas.

	X1	X2	X3
X2	0,108		
X3	0,268	0,068	
X4	0,340	0,229	0,324

Se aplica para cada par de variables la prueba de correlación de dos colas, con un intervalo de confianza del 95%,  $\alpha = 0,05$ , en la cual

$H_0: \rho = 0$  No existe correlación significativa entre el par de variables.

$H_1: \rho \neq 0$  Existe correlación significativa entre el par de variables.

Donde  $\rho$  es la correlación entre dos variables.

Pvalor,  $\rho (X_1, X_2) = 0,347 > 0,05$ .  $H_0$  se acepta: No existe correlación significativa

Pvalor,  $\rho (X_1, X_3) = 0,018 < 0,05$ .  $H_0$  se rechaza: Existe correlación significativa

Pvalor,  $\rho (X_1, X_4) = 0,002 < 0,05$ .  $H_0$  se rechaza: Existe correlación significativa

Pvalor,  $\rho (X_2, X_3) = 0,552 > 0,05$ .  $H_0$  se acepta: No existe correlación significativa

Pvalor,  $\rho (X_2, X_4) = 0,044 < 0,05$ .  $H_0$  se rechaza: Existe correlación significativa

Pvalor,  $\rho (X_3, X_4) = 0,004 < 0,05$ .  $H_0$  se rechaza: Existe correlación significativa

El nivel de significancia hallado para comprobar la correlación existente entre dos variables, permite deducir que no existe dependencia significativa entre la calidad de la apertura ( $X_1$ ) y la calidad del desembolso ( $X_2$ ), ni entre esta última y la calidad de la factura ( $X_3$ ).

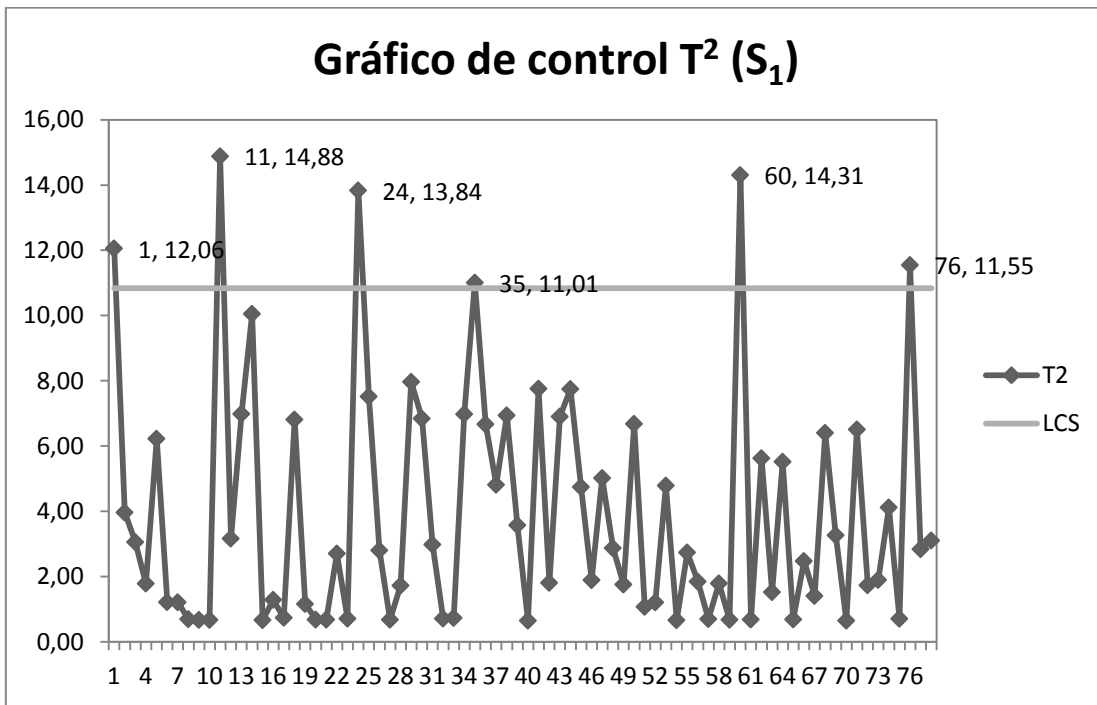


Por otro lado se demuestra que la calidad de la apertura ( $X_1$ ) está relacionada con la calidad de la factura ( $X_3$ ) y todas las variables de calidad ( $X_1, X_2, X_3$ ) presentan correlación significativa con el tiempo de respuesta ( $X_4$ ).

### 11.2.2 Construcción de gráficos de control multivariados

A partir del modelo definido, los cálculos del estadístico  $T^2$  y los límites de control, así como los gráficos multivariados y univariados se efectúan en Excel 2007 ®. La tabla de datos completa se presenta en el Anexo 5. A continuación se exponen los resultados del modelo.

Figura 11.6. Gráfico de control  $T^2$  (1)

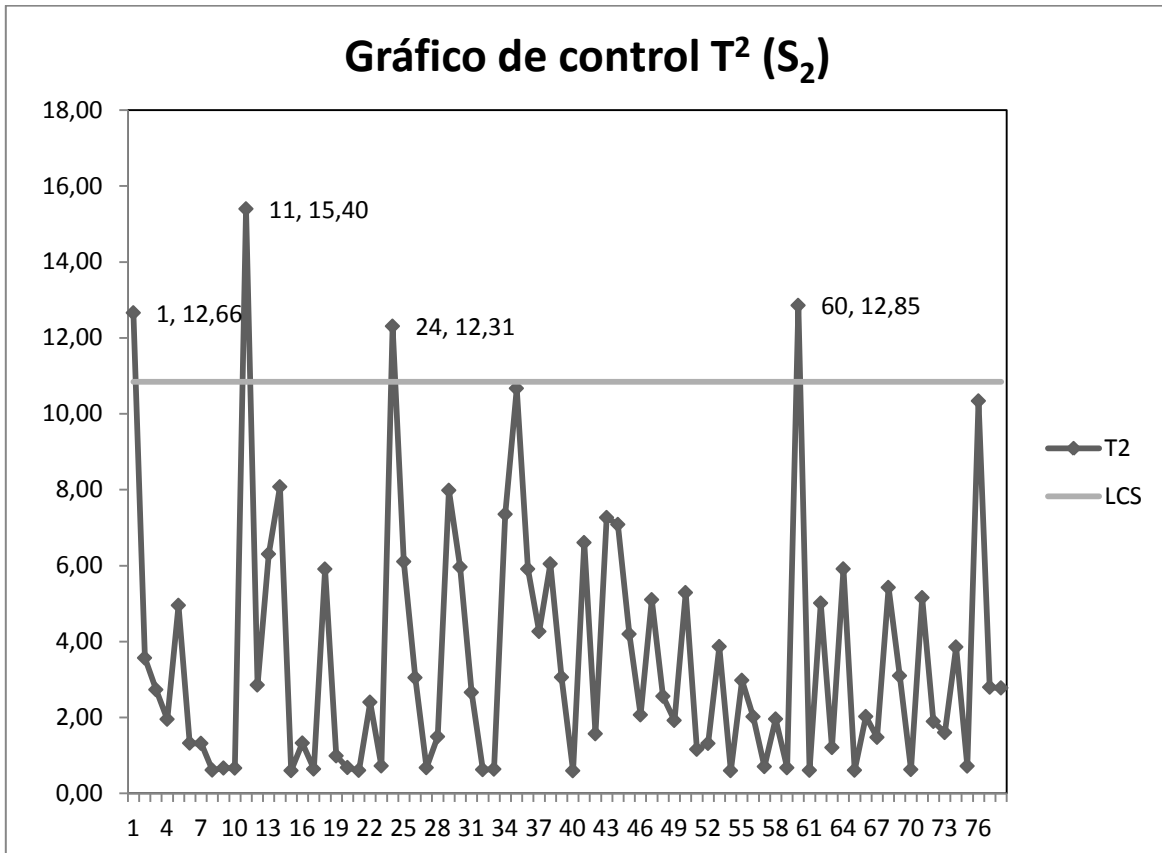


Fuente: Elaboración propia en Excel 2007 ®

En el gráfico  $T^2$  ( $S_1$ ) se presentan los resultados para las cuatro variables, calculando el estadístico  $T^2$  a partir del estimador de la matriz de covarianza  $S_1$ .

Se observan 6 puntos fuera del límite de control superior, equivalentes a las observaciones tomadas en los momentos 1, 11, 24, 35, 60 y 76, por lo cual se infiere que el proceso está fuera de control.

Figura 11.7. Gráfico de control  $T^2(2)$



Fuente: Elaboración propia en Excel 2007 ®

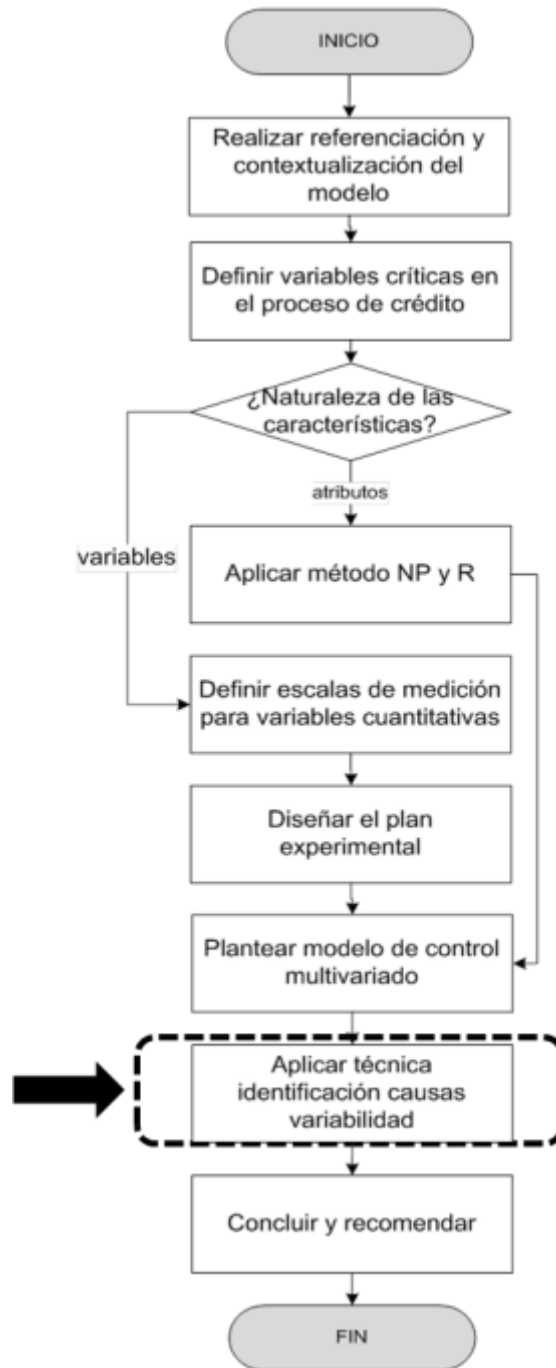
En el gráfico  $T^2 (S_2)$  se presentan los resultados para las cuatro variables, calculando el estadístico  $T^2$  a partir del estimador de la matriz de covarianza  $S_2$ .

Se observan 4 puntos fuera del límite de control superior, equivalentes a las observaciones registradas en los momentos 1, 11, 24, 60.

La carta de control basada en  $S_2$ , no percibió 2 puntos por fuera de control, en comparación con la carta basada en  $S_1$ . Se observa en el gráfico que esta gráfica requiere mayor tiempo para identificar una señal por fuera del límite, luego de haber detectado un cambio significativo en la media.

## 12 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS DE VARIABILIDAD

Figura 12.1 Diseño metodológico: Aplicar técnica para identificación de causas de variabilidad



En el presente capítulo se aplican dos técnicas para la identificación de las variables que generan las señales fuera de control en los gráficos multivariados y se analizan las posibles causas por las cuales el proceso está fuera de control.

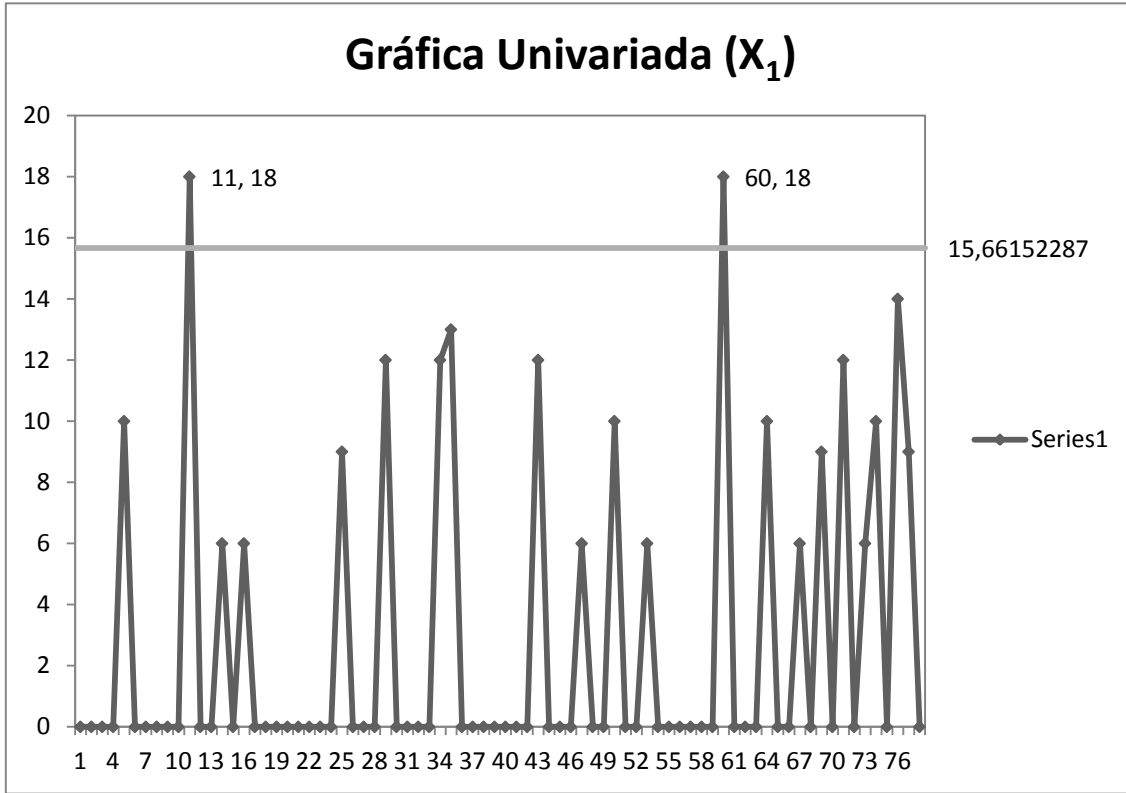
El primer método implementado corresponde a la construcción de gráficos de control individuales univariados para cada una de las características de calidad. Técnica que según Montgomery (2001) proporciona información útil sobre los puntos fuera de control, cuando no existe interacción directa con otras características.

El segundo método que se aplica, descompone el estadístico  $T^2$  en  $p$  componentes, cada uno de los cuales es comparado contra el estadístico total, con el objetivo de identificar cuál de ellos es significativo en la generación de la señal por fuera del límite establecido.

### **12.1 Construcción de gráficos de control univariados.**

Con el objetivo de comparar el resultado obtenido a través de las cartas de control multivariado, se presentan las cartas de control univariadas para observaciones individuales.

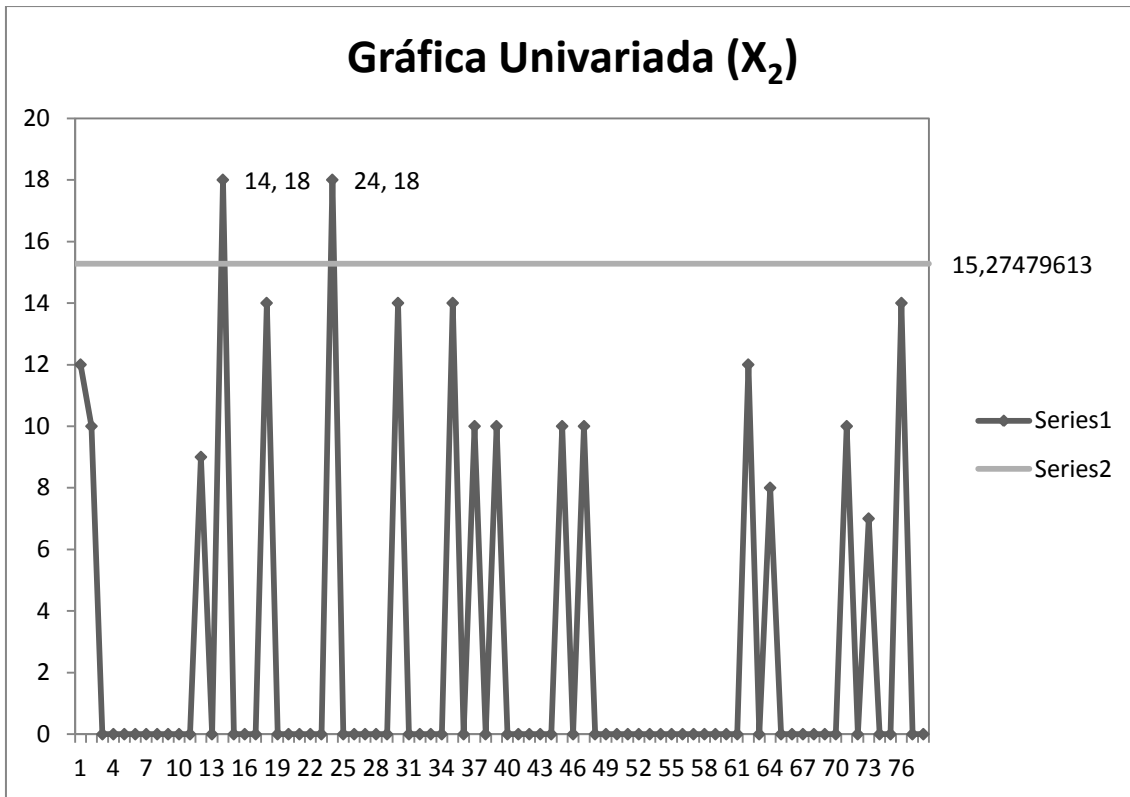
Figura 12.2. Gráfica de control de Shewhart para X1: Calidad en la apertura del crédito.



Fuente: Elaboración propia en Excel 2007 ®

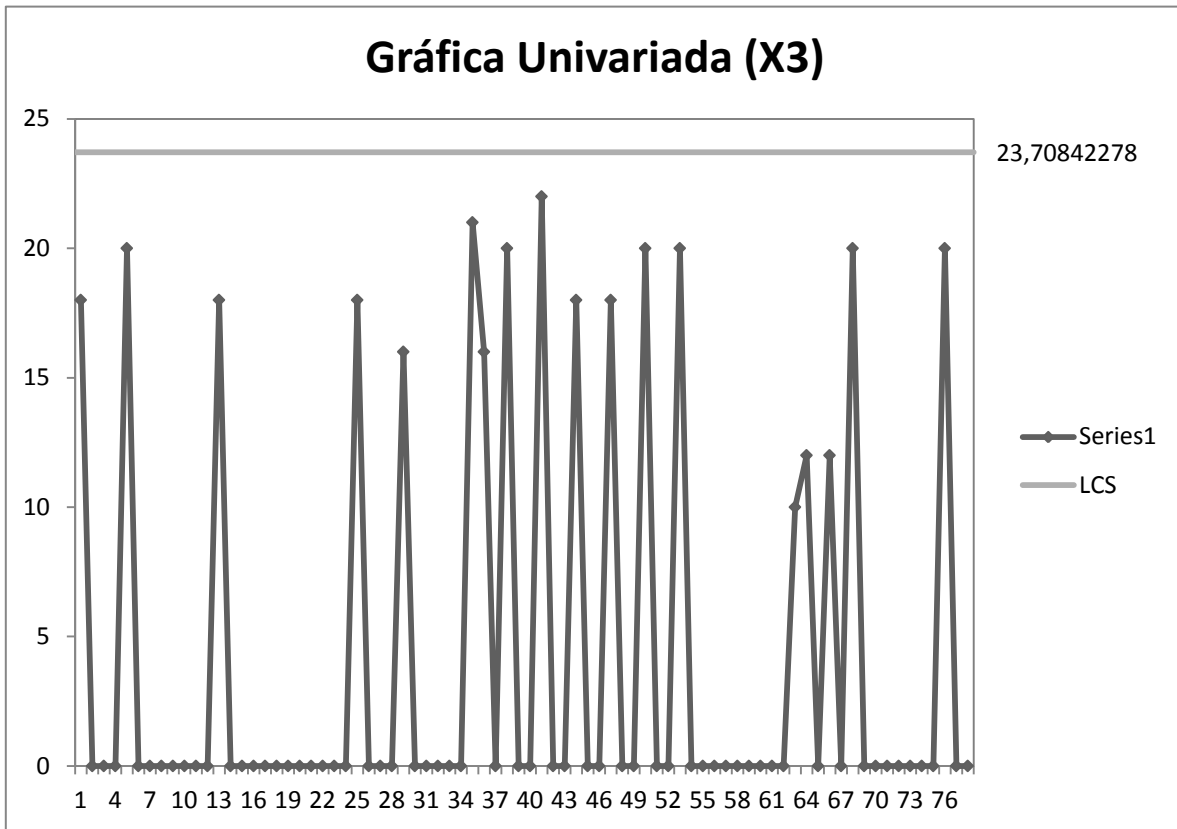
En la gráfica univariada de la característica de calidad en la apertura, se visualizan dos puntos fuera del límite de control superior, en los momentos 11 y 60. Estos puntos también fueron identificados por la gráfica de control multivariada.

Figura 12.3. Gráfica de control de Shewhart para X2: Calidad del desembolso.



Fuente: Elaboración propia en Excel 2007 ®

Pueden identificarse en la gráfica univariada de la característica de calidad en el desembolso, dos puntos por fuera del límite de control, que corresponden a los momentos 14 y 18. El primer punto no fue identificado por la carta de control multivariado, mientras que el segundo si se reflejó en el estadístico, este hecho manifiesta que no hubo un cambio significativo en la media entre las observaciones 11 y 14.

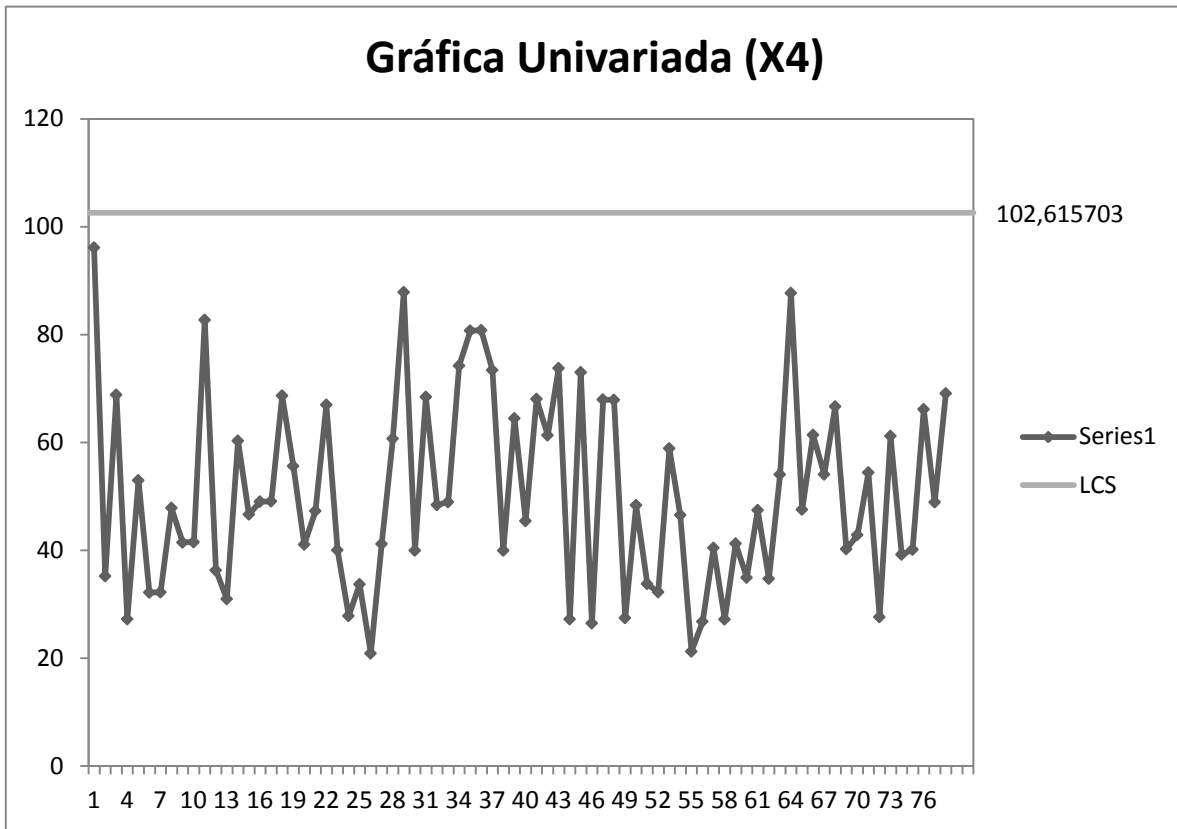
Figura 12.4. Gráfica de control de Shewhart para  $X_3$ : Calidad en la facturación.

Fuente: Elaboración propia en Excel 2007 ®

En la gráfica que monitorea la característica de calidad en la factura, no se reflejan señales por fuera de los límites de control.



Figura 12.5. Gráfica de control de Shewhart para X4.



Fuente: Elaboración propia en Excel 2007 ®

## 12.2 Descomposición del estadístico $T^2$

Para cada una de las  $p$  variables, se descompone el estadístico  $T^2$  calculando su valor sin incluir una de las características de calidad, con el fin de determinar la contribución de dicha variable al valor total del estadístico. Mientras mayor sea el valor de la diferencia entre los dos estadísticos, se puede concluir que es mayor la contribución generada por la variable omitida. Murphy (1987).

De acuerdo con Montgomery (2001) es necesario estandarizar las variables con el fin de obtener cantidades adimensionales, en las cuales no influya la magnitud ni las unidades, que son diferentes para las características de calidad. Para tal fin se usa la fórmula de estandarización que aplica el software estadístico Minitab 15 ®.

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (6)$$

Posterior a la estandarización de las variables, se halla la diferencia entre los estadísticos  $T^2$  y  $T^2_{(i)}$ , calculados a partir de los nuevos valores  $y_{ij}$

$$d_i = T^2 - T^2_{(i)} \quad (7)$$

Donde,

$T^2_{(i)}$  es el estadístico  $T^2$  calculado para las  $p$  variables y omitiendo la variable  $i$

En el Anexo 6, se presenta la tabla de datos, en la cual se incluyen el cálculo de  $d_i$  y se especifica la variable responsable de la señal fuera de control.

### 12.2.1 Señales fuera de control generadas por X1: Calidad en la apertura.

Ambos puntos detectados en los momentos 11 y 60 en el gráfico de control univariado corresponden a inconsistencias en la variable X1: Apertura del plan de pagos, que refleja la forma en que se calcularán las cuotas del crédito durante el tiempo que permanezca vigente. Este tipo de inconsistencias representan un alto riesgo para la organización y tienen una tasa de ocurrencia significativa, dado que el proceso se lleva a cabo de manera manual y sin instrucciones claras sobre el contenido de cada campo que se debe diligenciar en el sistema, de acuerdo con las características del producto ofrecido al cliente.

Los puntos fuera de control para la variable X1, también fueron detectados a través del método de descomposición del estadístico  $T^2$ , como se observa en la tabla presentada en el Anexo 6.

### **12.2.2 Señales fuera de control generadas por X2: Calidad en el desembolso.**

Se detecta adicionalmente que la variable X2 es una variable significativa en la señal generada durante el momento 14, punto que aunque no se reflejó en el gráfico de control multivariado, si generó señal en el gráfico univariado de la variable X2. Lo cual demuestra que para el caso estudiado, el método de descomposición del estadístico  $T^2$  es efectivo en la identificación de la variable más crítica para el punto fuera de control.

Adicionalmente la calidad de desembolso incidió en las señales fuera de control en los momentos 1, 24 y 76.

### **12.2.3 Señales fuera de control, generadas por X3: Calidad en la facturación.**

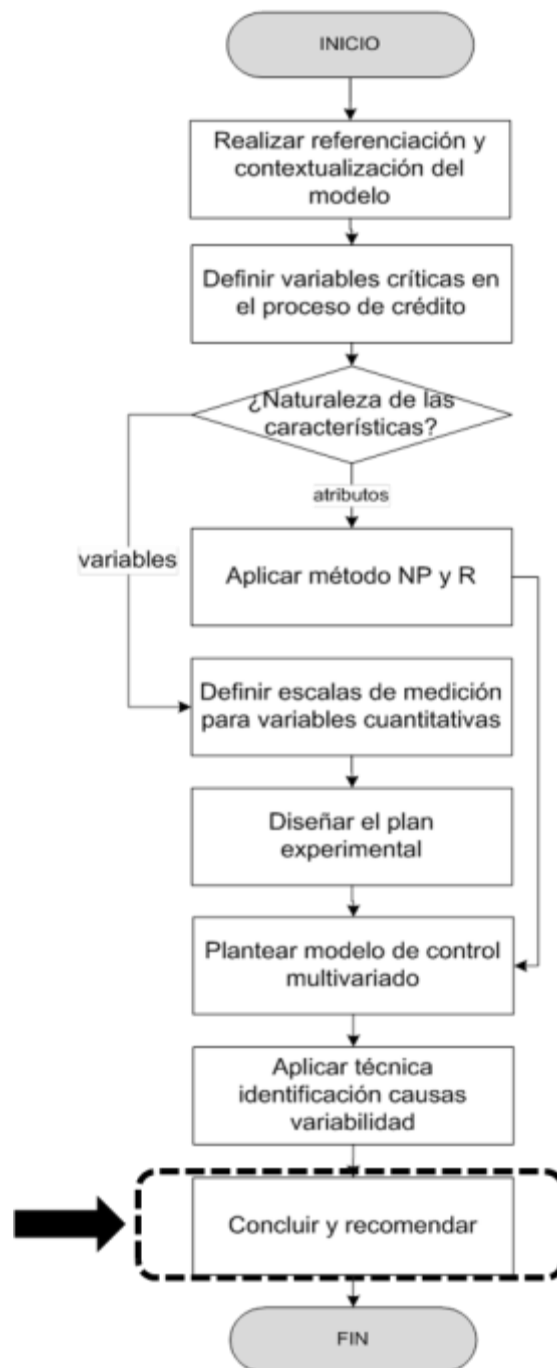
Como puede observarse tanto en el gráfico de control univariado, como en la descomposición del estadístico, esta variable no presenta puntos por fuera de control, lo que implica que la calidad en la facturación es óptima.

### **12.2.4 Señales fuera de control, generadas por x4: Tiempo de respuesta.**

A pesar de que en el gráfico de control univariado, el tiempo de respuesta no presentó límites por fuera de control, la descomposición del estadístico  $T^2$ , evidencia que fue esta variable la que más contribuyó en el valor del estadístico en el momento 1 y por ende la mayor responsable del punto fuera de control en este momento; dicho punto se observó tanto en el gráfico multivariado basado en  $S_1$ , como el basado en  $S_2$ .

### 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Figura 13.1 Diseño metodológico: Concluir y recomendar



### 13.1 Conclusiones

- La selección de las variables a controlar realizada desde las expectativas del mercado, del cliente, y de la organización, permitió dar un enfoque global al estudio, evitando sesgos en la información primaria a recolectar.
- Desde las expectativas del cliente, la definición de las características críticas de calidad factibles de ser monitoreadas durante el proceso de crédito, fue posible gracias a la aplicación de herramientas estadísticas tradicionales, tales como diagramas causa-efecto, partiendo desde la generalidad de las causas, hasta identificar las causas asignables de fallas. Es así como, de 12.317 solicitudes de revisión realizadas por los clientes durante los años 2.009, 2.010 y 2.011, se logró extraer aquellas que fueron cerradas a favor de éstos (2.621 casos) y a partir de técnicas de muestreo se pudo determinar que el 80% de las quejas y reclamos se debe a: diferencias en el saldo facturado, deficiencias en el proceso y deficiencias en la información suministrada al cliente.
- Partiendo de criterios aceptados internacionalmente acerca de las características que debe tener una variable indicador, y siempre ajustándose a las expectativas del mercado, del cliente y de la organización, se seleccionaron tanto las variables, como las características susceptibles de medir de las mismas, concluyéndose en una primera etapa que las variables a estudiar son: Tiempo de respuesta, Creación del crédito, Calidad del desembolso y Facturación, cumpliéndose así el primer objetivo del estudio.
- La Construcción de la herramienta para la medición de las variables, se constituyó no solo en un gran reto para la investigadora, sino en uno de los aportes más valiosos para la organización, toda vez que la aplicabilidad de ésta, fue evidenciada desde su desarrollo mismo y probados sus beneficios, por los funcionarios encargados de realizar el proceso de crédito. La herramienta no solo está siendo utilizada para la captura de los datos desde el momento en que se inicia el proceso, sino que de manera automática califica y registra las medidas de cada una de las especificaciones de las variables críticas, realiza los gráficos de control multivariado e indica si el

proceso está dentro de los límites de control y si cumple a su vez con las especificaciones de la organización.

- El desarrollo de las escalas de medición de las fallas a través de técnicas pseudo-cuantitativas no solo otorgó novedad al estudio, sino que generó otro desafío, ya que en su construcción se tuvo que conciliar lo dicho por los expertos con relación a la calificación de los impactos que sobre el proceso plantea la presentación de una no conformidad y los criterios de la organización frente a la severidad con que debe calificarse la frecuencia de su aparición. Para lograr lo anterior, se recurrió nuevamente a los datos históricos para identificar las fallas recurrentes, a Pareto para establecer la clasificación de las frecuencias y a los criterios organizacionales para definir la calificación a otorgarse. Finalmente, la obtención de dichas escalas, permitió aceptar como verdadera la primera hipótesis planteada según la cual “El proceso de crédito de una entidad financiera posee múltiples variables con las cuales puede medirse la calidad”.
- A través del diseño experimental, se logró confrontar lo dicho por los teóricos, con la realidad vivida en las organizaciones, en cuanto a la dificultad para hallar un tamaño de muestra que se adecúe a un modelo de control estadístico multivariado. Después de analizar concienzudamente los métodos propuestos por varios autores, se concluyó que el que más se adaptaba al estudio, tenía que ver con uno de los planes propuestos por Aparisi, que relaciona las frecuencias de la toma de datos, con el número de muestras a recopilar cada vez, por lo cual fue este el método adoptado; para hallar el número de muestras, se recurrió a los métodos convencionales y al desarrollar el método de aleatorización de acuerdo con el plan definido, se obtuvo consistencia en los datos, verificándose así, la aplicabilidad del método.
- Durante el desarrollo del modelo de control multivariado, la caracterización de los datos dio como resultado que las cuatro variables estudiadas, seguían una distribución normal, condición indispensable para la aplicación del estadístico  $T^2$ , en el análisis de las características de calidad. Igualmente, las pruebas de correlación, dieron como resultado que había correlación entre algunas variables. Gracias al cumplimiento de las condiciones mencionadas, se pudo inferir acerca de la factibilidad para la aplicación del modelo.

- El análisis de correlación dio positivo para algunas de las variables, lo cual valida la segunda hipótesis planteada, en cuanto a que “Existe correlación entre algunas de las características de calidad del proceso de crédito”.
- La correlación más alta se presenta entre las variables Tiempo de respuesta y Facturación; esto implica que entre más fallas haya presentado el proceso, el tiempo de respuesta será mayor, debido a los reprocesos en que se traducen dichas fallas. El análisis de correlación muestra además, que la calidad de la apertura, está relacionada con la calidad de la factura y que todas las variables de calidad: Apertura, Facturación y Desembolso, presentan relación con el Tiempo de respuesta; ello explica que los errores durante el proceso de apertura, desembolso y en la factura final, tienden a aumentar el tiempo de respuesta, al igual que permite inferir que, es más factible que un error en la apertura del crédito se vea reflejado en la facturación y como consecuencia de ello, se presenten reprocesos y correcciones previas a la entrega del servicio.
- Con la construcción del gráfico de control multivariado calculando el estadístico  $T^2$  a partir del estimador de la matriz de covarianza,  $S_1$ , se pudo observar que existen 6 puntos por fuera del límite de control, así: Datos recolectados en los momentos 1, 11, 24, 35, 60 y 76; por lo anterior pudo inferirse que el proceso se encuentra fuera de control. Lo anterior plantea una alerta para la organización, toda vez que los créditos correspondientes a estos momentos, tienen más posibilidades de materializarse en inconformidades del cliente hacia el servicio prestado.
- De otro lado, la carta de control calculada a partir del estimador de la matriz de covarianza,  $S_2$ , evidenció solo cuatro puntos por fuera del límite de control, así: 1, 11, 24 y 60. Al dejar de lado dos puntos que sí fueron registrados por la carta basada en  $S_1$ , se deduce que esta gráfica requiere mayor tiempo para identificar una señal por fuera del límite después de haber detectado un cambio significativo en la media; esto sugiere que para el caso estudiado, se desempeña mejor la carta basada en  $S_1$ .

- Al analizar las variables de manera individual, se pudo observar que X1, variable que analiza la calidad en la apertura de los créditos, tuvo dos puntos por fuera del límite superior, en los momentos 11 y 60; así mismo, la característica de calidad del desembolso, presentó dos momentos por fuera del límite indicado, cuales fueron el 11 y el 14. Las demás características estudiadas: Calidad en la factura y Tiempo de respuesta, no presentaron límites fuera de control.
- Construir las gráficas de control univariadas, para evitar la dilución de las señales por fuera de control a través de las p características, permitió observar que solo un punto fuera de los límites de control en los gráficos multivariados, se salió del límite al observar las variables individuales, así: muestra No. 14 de la variable Calidad del desembolso. Esto da fe del buen desempeño del método a partir de técnicas de control multivariado.
- La medición del desempeño del método de control multivariado frente al método univariado, permite inferir que el primer método brinda mayor fidelidad, toda vez que el método univariado no reveló fallas en los momentos 1, 24, 35 y 76, las cuales se hicieron evidentes a través del método multivariado, específicamente con la carta basada en  $S_1$ . Este hecho corrobora otra de las hipótesis propuestas para la investigación, en el sentido de que “El modelo de control estadístico multivariado permite un mejor monitoreo del proceso, que el enfoque univariado”
- La descomposición del Estadístico  $T^2$  permitió observar aquellas variables con mayor incidencia en los puntos fuera de control. Lo más relevante obtenido al descomponer el estadístico, tiene que ver con los puntos detectados en los momentos 11 y 60, correspondientes a la variable X1 y por tanto representan inconsistencias en la apertura del plan de pagos, lo cual a su vez se ve reflejado en la forma como se calculan las cuotas del crédito durante el tiempo que permanezca vigente. Este tipo de inconsistencias representan un alto riesgo para la organización y tienen una tasa de ocurrencia significativa, dado que el proceso se lleva a cabo de manera manual y sin instrucciones claras sobre el contenido de cada campo que se debe diligenciar en el sistema, de acuerdo con las características del producto ofrecido al cliente.



- A través de la descomposición del estadístico, se detectó adicionalmente que la variable  $X_2$  es una variable significativa en la señal generada durante el momento 14, punto que aunque no se reflejó en el gráfico de control multivariado, si generó señal en el gráfico univariado de la variable  $X_2$ . Lo cual demuestra que para el caso estudiado, el método de descomposición del estadístico  $T^2$  es efectivo en la identificación de la variable más crítica para el punto fuera de control.
- A pesar de que en el gráfico de control univariado, el tiempo de respuesta no presentó límites por fuera de control, la descomposición del estadístico  $T^2$ , evidencia que fue esta variable la que más contribuyó en el valor del estadístico en el momento 1 y por ende la mayor responsable del punto fuera de control en este momento; dicho punto se observó tanto en el gráfico multivariado basado en  $S_1$ , como el basado en  $S_2$ .

### 13.2 Recomendaciones.

- Toda vez que la herramienta desarrollada para la medición de las variables, arroja los puntos fuera de control, las especificaciones y el tipo de falla, se recomienda definir una persona responsable de realizar una vez al mes, el informe detallado de los resultados arrojados por esta herramienta, con el propósito de implementar los correctivos del caso.
- Teniendo en cuenta que dos de los puntos fuera de control representan inconsistencias en la apertura del plan de pagos y dado además que este tipo de inconsistencias representan un alto riesgo para la organización y tienen una tasa de ocurrencia significativa, se sugiere dar prioridad a este aspecto e iniciar un requerimiento para analizar las mejoras requeridas para esta actividad, las cuales podrían incluir la creación de un instructivo que indique claramente cómo debe llenarse cada campo, de acuerdo con las características del producto ofrecido al cliente.

- Después de la aplicación del modelo planteado, se recomienda realizar el estudio con covarianza conocida, para una fase 2.
- Estudios futuros, merecerían incluir otras variables que puedan afectar la calidad total del sistema; por ejemplo, analizar si el día, la hora y la carga de trabajo tienen alguna representatividad en dicha afectación; lo que a su vez podría alimentar procesos del departamento de gestión humana.

## ANEXOS

### ANEXO A: METODOLOGÍA DE PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA: MATRIZ DE VESTER.

La matriz de Vester es una herramienta que permite calificar los niveles de causalidad entre problemas precisados, con el fin de establecer cuáles son las causas, consecuencias y determinar el problema focal. Correa, C. *et al.* (1995).

#### **Precisión de problemas de calidad en el proceso de crédito.**

Problema 1: Alta variabilidad del proceso de crédito

Problema 2: Sobrecostos asociados a la falta de calidad.

Problema 3: Deficiencias en el acopio y análisis de información de control de calidad.

Problema 4: Falta de identificación de las variables de calidad para el producto y el proceso.

Problema 5: Baja estandarización en las variables de control de calidad, tanto en el producto como en el proceso.

Problema 6: Dificultad para la identificación de problemas en el proceso.

Problema 7: Deficiencia en la medición de las características de calidad y los costos asociados a la falta de calidad.

Problema 8: Pérdida progresiva de clientes

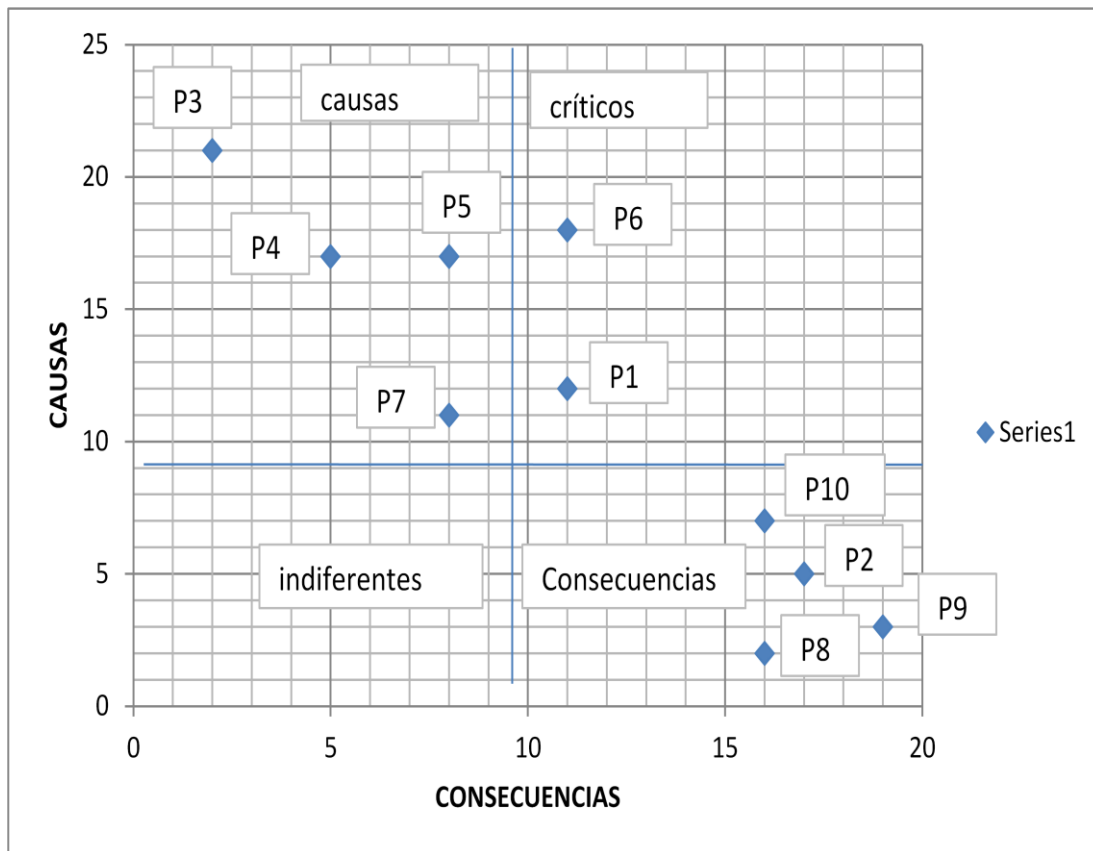
Problema 9: Alta variabilidad en el proceso de crédito.

Problema 10: Disminución en los niveles de confiabilidad del servicio.

Los problemas precisados anteriormente se califican de 0 a 3, dependiendo de su relación de causalidad, a partir de lo cual se obtuvo lo siguiente:

Partiendo de la calificación de causalidad, se obtiene la clasificación observada en el gráfico A1.1

Figura A1.1 Coordenadas Vester.



Fuente: Elaboración propia

**ANEXO B: ANÁLISIS DE QUEJAS Y RECLAMOS DE CLIENTES.**

El análisis de quejas y reclamos de clientes se efectuó sobre 12.317 solicitudes realizadas por los clientes durante los años 2009, 2010 y 2011. Cada solicitud está registrada en el sistema con un motivo de cierre que refleja la causa principal por la cual fue radicada. A continuación se presenta el cuadro resumen de la información obtenida.

**Tabla A2.1 Resumen de quejas y reclamos radicados durante 2.009, 2.010, 2.011**

SOLICITUD	AÑO			Total general	%	% Acum .
	2009	2010	2011			
ESTADO DE CUENTA	579	1400	1159	3138	25%	25%
DEBITO AUTOMATICO	88	744	760	1592	13%	38%
SEGUROS	107	239	694	1040	8%	47%
CUOTA RESIDUAL		385	630	1015	8%	55%
FACTURACION	137	274	478	889	7%	62%
CENTRALES	188	293	350	831	7%	69%
GESTION DE COBRO	97	219	231	547	4%	73%
APLICACIÓN DE PAGOS	2	230	232	464	4%	77%
TASAS	74	138	232	444	4%	81%
LEVANTAMIENTO DE PRENDA	3	76	236	315	3%	83%
BOLETÍN VEHÍCULO	2	45	207	254	2%	85%
MALA ASESORÍA DE VENTA INICIAL		41	172	213	2%	87%
RESPUESTA NO RECIBIDA POR EL CLIENTE		6	183	189	2%	89%
MOVIMIENTO HISTORICO DETALLADO	58	57	44	159	1%	90%
ACTITUD DE SERVICIO	31	37	66	134	1%	91%
PAZ Y SALVO	14	68	51	133	1%	92%
NOTAS CREDITO	1	42	86	129	1%	93%
FRAUDE	33	27	36	96	1%	94%
SOLICITUD DE PAGARE	13	44	38	95	1%	95%
SUGERENCIA DE MEJORAMIENTO	29	18	38	85	1%	95%
LÍNEA TELEFÓNICA		21	45	66	1%	96%
HABEAS DATA	9	21	35	65	1%	97%
PROCESO JUDICIAL		23	42	65	1%	97%
RETROALIMENTACIÓN		11	40	51	0%	97%

FRAUDE SIN DENUNCIA	12	21	15	48	0%	98%
VENTA DE CARTERA			38	38	0%	98%
SANCION POR PREPAGO	4	8	21	33	0%	98%
NEGACION DE CREDITO	1	13	15	29	0%	99%
SINIESTRO		18	8	26	0%	99%
DATA CREDITO		20		20	0%	99%
CARGOS FIJOS	6	3	10	19	0%	99%
PRIMAS	4	6	7	17	0%	99%
SUBROGACIÓN		4	8	12	0%	99%
NO EXISTE MOTIVO	3	5	2	10	0%	100%
CAPITALIZACIÓN DE INTERESES		2	7	9	0%	100%
CONSULTA A TRAVÉS DE INTERNET		2	7	9	0%	100%
OTROS MOTIVOS	1	8		9	0%	100%
SOLICITUDES VENCIDAS		4	3	7	0%	100%
OPCION DE COMPRA	4	2	1	7	0%	100%
EN BLANCO	3	2	2	7	0%	100%
RESPUESTA ENVIADA NUEVAMENTE POR FAX O CORREO		1	2	3	0%	100%
QUEJAS O RECLAMOS NO RADICADOS		3		3	0%	100%
CUOTA MAL CALCULADA AL INICIO		1		1	0%	100%
EN ESPERA DE APORTE DE OTRA ÁREA			1	1	0%	100%
<b>Total general</b>	<b>1503</b>	<b>4582</b>	<b>6232</b>	<b>12317</b>	<b>100%</b>	

**Fuente:** Elaboración propia con base en registros de quejas y reclamos.

Los motivos más frecuentes evidenciados a través del análisis 80-20 fueron estudiados a partir de una muestra extraída de aquellos reclamos que fueron cerrados a favor del cliente. En total se analizaron 60 casos de los 2621 motivos anteriormente mencionados.

El tamaño de la muestra fue calculado con base en la participación porcentual de cada motivo dentro de la población estudiada y teniendo en cuenta la accesibilidad a los mismos, para lo cual se aplicó la fórmula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

En todos los casos el nivel de confiabilidad fue del 95%  $Z=1,98$  y el error =  $d^2= 0,2$ .

A raíz del análisis detallado de cada muestra se reclasificaron los motivos en clases generales para obtener los efectos principales que se derivan en quejas o reclamos. Los efectos definidos fueron:

**-Diferencias en el saldo:** Se ubicaron en esta categoría todas las quejas relacionadas con errores en la facturación, aplicaciones no realizadas sobre la cuenta, saldo final no coincidente y procesos de cobro instaurados bajo moras no procedentes.

**-Deficiencias en información:** Esta categoría obedece a las quejas y reclamos presentados por deficiencias en la comunicación sobre las características del crédito o los productos asociados tales como tasas, plazos, valor de cuotas de manejo, recaudo o seguros.

**-Deficiencias en el proceso:** Se ubicaron en esta categoría las quejas y reclamos asociados a solicitudes realizadas por el cliente que no fueron procesadas de acuerdo con su expectativa, tales como débitos automáticos, aplicación de pagos en fechas establecidas, errores en controles durante la creación del crédito o incumplimiento de términos para la ejecución de una solicitud.

**Trámites externos:** En esta categoría se clasificaron las quejas asociadas a inconsistencias en los procesos ejecutados por terceros como entidades aseguradoras y tramitadores.

Tabla A2.2. Reclasificación de solicitudes de clientes.

N° SOLICITUD	EFEECTO PRINCIPAL
1098887	Diferencias en saldo
1120031	Diferencias en saldo
1139564	Deficiencias en información
1237272	Deficiencias en información
1293782	Deficiencias en información
1368629	Diferencias en saldo
1384940	Deficiencias en información
402928	Deficiencias en información
1450692	Trámites externos
1496688	solicitud MHD
1167165	Deficiencias en el proceso
1241902	Deficiencias en el proceso
1257845	Deficiencias en el proceso
1358601	Deficiencias en el proceso
1365025	Deficiencias en el proceso
1365239	Diferencias en saldo
1368677	Diferencias en saldo
1377111	Diferencias en saldo
1415378	Deficiencias en información
1525764	Deficiencias en información
1530500	Diferencias en saldo
1148972	Diferencias en saldo
1272717	Diferencias en saldo
1351270	Diferencias en saldo
1400982	Deficiencias en información
1529605	Diferencias en saldo
1540201	Diferencias en saldo
1059399	Deficiencias en el proceso
1122560	Deficiencias en el proceso
1129870	Deficiencias en el proceso
1275423	Diferencias en saldo
1285760	Deficiencias en el proceso
1347707	Deficiencias en el proceso
1376418	Deficiencias en el proceso
1377254	Deficiencias en el proceso
1472160	Diferencias en saldo
1508464	Trámites externos
1520487	Diferencias en saldo
1521189	Deficiencias en el proceso
1538640	Diferencias en saldo
1374998	Diferencias en saldo
1380059	Deficiencias en información
1475499	Diferencias en saldo
1490496	Diferencias en saldo
1496325	Diferencias en saldo
717350	Diferencias en saldo

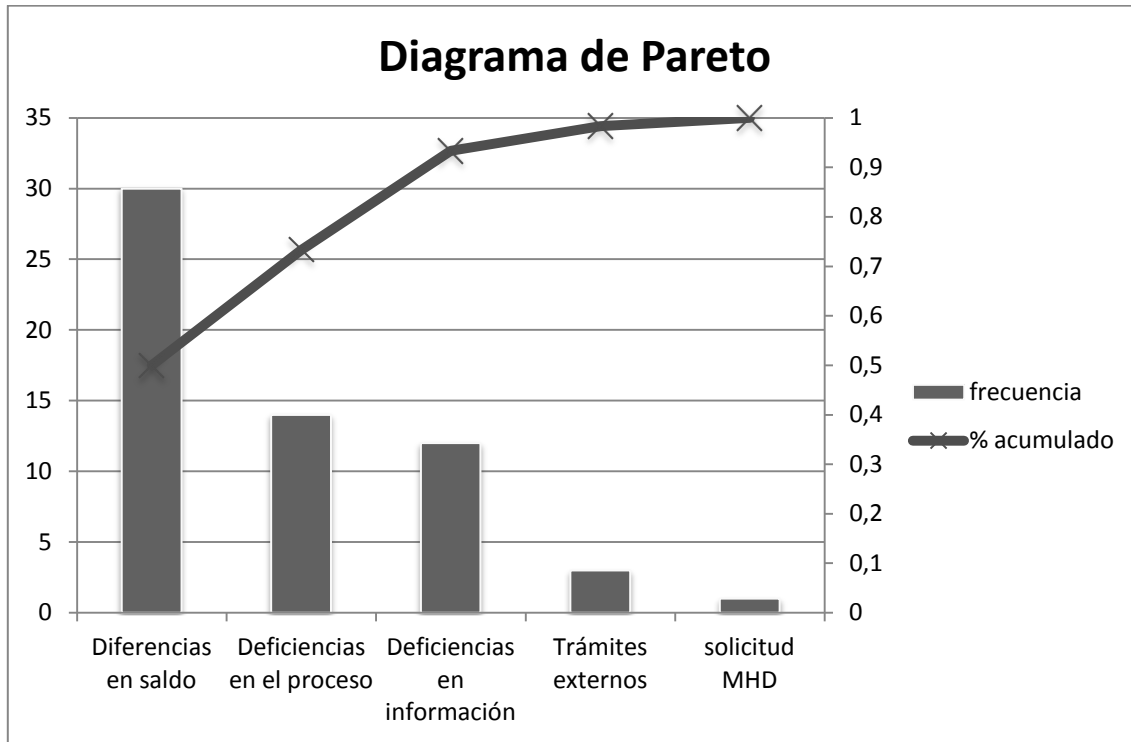


1268928	Deficiencias en el proceso
1270414	Diferencias en saldo
1346976	Trámites externos
556633	Diferencias en saldo
1055596	Diferencias en saldo
1342557	Diferencias en saldo
1447150	Diferencias en saldo
1487549	Diferencias en saldo
1342557	Diferencias en saldo
1476713	Diferencias en saldo
1299134	Diferencias en saldo
1298076	Deficiencias en información
1405912	Deficiencias en información
1481847	Deficiencias en información

**Fuente:** Elaboración propia

Los anteriores datos fueron consolidados de acuerdo con la metodología de Pareto, con lo cual se obtuvo que el 80% de las quejas y reclamos se debe a: diferencias en el saldo facturado, deficiencias en el proceso y deficiencias en la información suministrada al cliente.

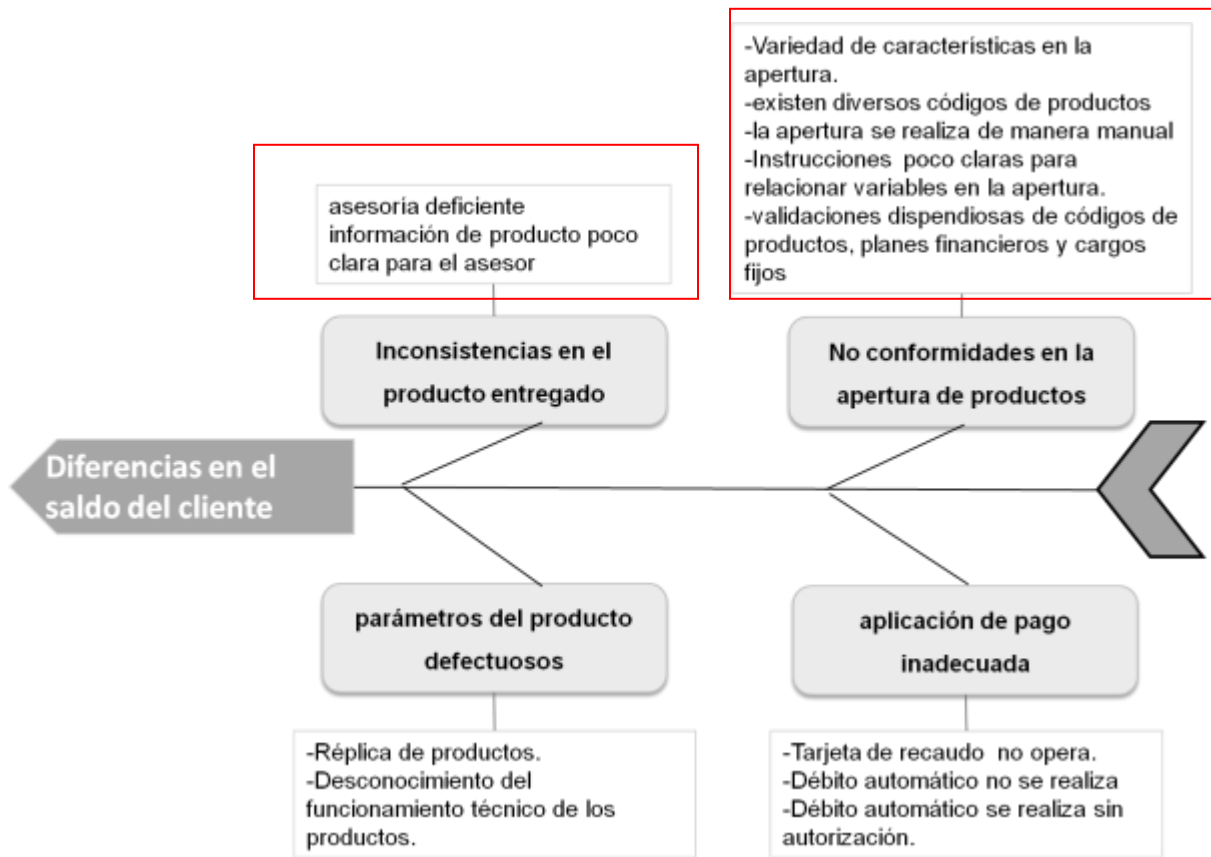
Diagrama A2.1 Pareto: causas reclasificadas.



Fuente:Elaboración propia.

De acuerdo con la anterior información se extrajeron las causas primarias y secundarias del efecto principal relacionado con diferencias en el saldo. Adicionalmente se identificó que este efecto tiene relaciones de causalidad con otros efectos representativos como deficiencias en el proceso y en la información. El análisis correspondiente, se visualiza en el siguiente diagrama causa-efecto.

Diagrama A2.2 Causa-efecto: diferencias en el saldo del cliente:



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el gráfico anterior, la mayor cantidad de causas asociadas a no conformidades se generan en el momento de la asesoría al cliente, en la que se establecen las características del crédito; y en la creación del crédito, en la cual el producto es ensamblado de acuerdo con las condiciones ofrecidas durante la asesoría. Por esta razón el presente estudio analizará estas dos variables que pueden ser medidas en cada producto elaborado y están directamente relacionadas con el proceso de prestación del servicio.

## ANEXO C: FUNCIONALIDAD DE LA HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE CALIDAD TOTAL.

Este anexo presenta la herramienta para la verificación, registro y monitoreo de la calidad en las variables críticas: FINQUAL MONITOR, la cual ha sido diseñada y programada en Excel 2007 ®, utilizando las funcionalidades del lenguaje de programación Visual Basic compatible con la hoja de cálculo de Microsoft. Esta herramienta se ha diseñado durante el proceso de la investigación, para el acopio de la información requerida. Además de este propósito, la herramienta presta una serie de servicios adicionales, los cuales pueden apreciarse a continuación, así:

La Figura A3.1 presenta el menú principal que despliega el acceso hacia las variables que se tuvieron en cuenta en el modelo de calidad multivariado.

Figura A3.1: Menú principal de la aplicación FINQUAL MONITOR



Fuente: Elaboración propia

## 1. Módulo de tramitación:

Es un módulo que genera el registro con la información básica de la operación en el programa al momento en el que se realiza la tramitación, sin embargo no efectúa registro de inconsistencias ni calificación puesto que consiste únicamente en un apoyo para los ejecutores del proceso de tramitación, en el cual se presenta una guía para prevenir los errores más recurrentes y graves desde la primera etapa de fabricación del crédito.

Figura A3.2. Ingreso de información módulo de tramitación



La imagen muestra una ventana de software con el título "FINQUAL" y "VERIFICACIONES TRAMITACIÓN". El formulario contiene los siguientes campos:

- Regional: campo de lista desplegable.
- Ejecutivo: campo de texto.
- Auxiliar Comercial: campo de texto.
- Cédula o Nit del cliente: campo de texto.
- Número Obligación: campo de texto.
- Tipo operación: botones de radio para "Crédito" y "Leasing".
- Tipo de persona: botones de radio para "Natural" y "Jurídica".

En la parte inferior del formulario hay un botón "Iniciar".

Fuente: Autora.

### 1.1. Listas de chequeo módulo de tramitación:

Cada una de las especificaciones de calidad mencionadas en la lista de verificación debe ser marcada como correcta, en caso en que se registre una incorrecta el programa notifica al usuario y detiene el proceso hasta que se solucione la inconsistencia.

Figuras A3.3, A3.4 y A3.5. Listas de chequeo módulo de tramitación

### VERIFICACIONES GENERALES

1. El nombre del deudor y su documento de identidad son iguales en la solicitud de desembolso, prenda, pagaré, anexo de iniciación de plazo (leasing).  Sí  No
2. Si existe avalista: El pagaré está firmado por el avalista.  Sí  No
3. El valor aprobado del crédito es mayor al valor de la solicitud de desembolso o es inferior en un 5%  Sí  No
4. El plazo de la solicitud de desembolso o anexo de iniciación de plazo (leasing) es igual al plazo aprobado registrado en el acta de aprobación.  Sí  No
5. Si existe promoción (descuento o subvención): El código de la promoción se ha especificado, se ha realizado correctamente el cálculo, existe carta del concesionario en papel membreteado y firmado.  Sí  No  N.A

Anterior
Siguiente

Fuente: Elaboración propia

### VERIFICACIONES DEL PAGARÉ

1. El pagaré en blanco está firmado por el cliente y/o avalistas, existe Vo. Bo. del funcionario que presenció la firma.  Sí  No  N.A
2. El formato del pagaré corresponde al utilizado según la modalidad: crédito o leasing.  Sí  No
3. Firma por poder pagaré blanco: Se adjunta visto bueno de jurídico.  Sí  No  N.A
4. Pagaré diligenciado: el nombre, cédula, valor, cuota, y plazo están correctos.  Sí  No  N.A

### VERIFICACIONES SOLICITUD DESEMBOLSO

1. La solicitud de desembolso está firmada por el cliente y tiene visto bueno del funcionario que presenció la firma.  Sí  No  N.A
2. La solicitud de desembolso tiene el Vo. Bo. del corredor de seguros y de la aseguradora en señal de revisión y aceptación de la asegurabilidad.  Sí  No  N.A
3. El Nombre del beneficiario está en la solicitud de desembolso, el beneficiario está creado en el sistema.  Sí  No  N.A
4. Se indica la forma de pago.
  - Se indica si se abona a una obligación.
  - No se presentan fe de erratas ni enmendaduras en: Nombre del solicitante, valor, plazo, condiciones financieras, datos para el pago.
  - Las cuentas para abono están creadas en el sistema. + INFO Sí  No  N.A

Anterior
Siguiente

**FORMATO GMF**

1. El formato de GMF está diligenciado y firmado por el cliente  Si  No  N.A.

2. En el formato de GMF es claro si se genera o no el gravámen, de acuerdo con la destinación del crédito, el beneficiario, la forma de pago. Si es abono: se especifica Número de cuenta, tipo de cuenta y Banco. Se especifica si el crédito se destinará a cancelar un crédito:

**OTROS DOCUMENTOS**

1. El formato de débito automático tiene diligenciados los campos de nombre y cédula del titular de la cuenta, además todos los campos indicados en la sección de "información para el débito".  Si  No  N.A.

2. El formato de débito automático está firmado y no tiene enmendaduras ni fe de erratas.  Si  No  N.A.

3. Si no tiene débito automático: El formato de la TARE está diligenciado correctamente.  Si  No  N.A.

4. Si tiene seguro de desempleo: El formato está firmado por el cliente y contiene el número de plan, el cargo fijo está correctamente calculado.  Si  No  N.A.

5. Si tiene periodo de gracia: Existe el formato de capitalización o carta de condiciones financieras firmado por el cliente y la cuota este calculada correctamente.  Si  No  N.A.

6. Si el crédito es compra de cartera: Existe visto bueno del jefe de canal.  Si  No  N.A.

Fuente. Elaboración propia

### Módulo de crédito:

El módulo de crédito provee las especificaciones para la medición del proceso de creación del crédito en el sistema, denominada apertura. En esta fase es posible radicar inconsistencias y se genera la calificación de las mismas de acuerdo con las escalas definidas.

Figura A3.6. Ingreso de datos módulo de crédito

The screenshot shows a software window titled "FINQUAL" with a red background. The main heading is "CONTROL CALIDAD APERTURA". Below this, there are two input fields: "Seleccionar crédito" with a dropdown menu, and "Fecha de aprobación" with a date picker set to "mar 2012". A calendar grid for March 2012 is displayed, with the 13th highlighted. At the bottom center, there is a button labeled "INICIAR".

lun	mar	mié	jue	vie	sáb	dom
27	28	29	1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8

Fuente: Elaboración propia

En la pantalla de inicio sólo se listan los créditos que hayan sido registrados desde la tramitación y que sean viables para proceder a su creación.

El módulo de crédito contiene la lista de verificación con las especificaciones de calidad que tienen incidencia directa sobre la percepción final del cliente con el crédito estructurado.



Figuras A3.7 y A3.8: Lista de verificación de la creación del crédito.

**VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS**

Crédito N°:	Obligación
9. El código del producto está correctamente aperturado de acuerdo con las fichas.	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
10. El plan tradicional está correctamente aperturado de acuerdo con las fichas de producto.	<input checked="" type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N.A.
11. el código del plan prototipo está creado correctamente de acuerdo con las fichas de producto.	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N.A.
12. El código y características específicas del plan especial están aperturadas de acuerdo con las fichas de producto.	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N.A.
13. Los cargos fijos asociados al crédito coinciden con las características del producto.	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N.A.

Radcar otra inconsistencia

Anterior Finalizar y Guardar

---

**VERIFICACIÓN APERTURA**

Crédito N°:	Obligación
1. CONCESIONARIO: Se especifica el concesionario: DIRECTO, INDEPENDIENTE o EL NOMBRE DE UN CONCESIONARIO, coincide con el canal especificado en el acta de aprobación.	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
2. El código del producto en el sistema es consistente con el tipo de operación: crédito o leasing.	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
3. El código de la promoción está correctamente diligenciado y corresponde con la promoción asignada al cliente (ver fichas de producto).	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N.A.
4. FINANCIACION RCI: el código de producto aperturado corresponde a un producto RCI.	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N.A.
5. El nombre y número de cédula del cliente es igual en la apertura, en el acta de aprobación y en la solicitud de desembolso.	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
6. Crédito con avalista: El nombre y cédula del avalista en la apertura está igual que en su cédula y está creado en el sistema.	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N.A.
7. VALOR APROBADO: Es igual o mayor a la solicitud de desembolso, en caso de ser inferior se acepta hasta un 5%. El valor de la apertura es igual a la solicitud de desembolso. <span style="color: red;">+ INFO</span>	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
8. El plazo aperturado es igual al plazo de la solicitud de desembolso, al pagaré diligenciado y al anexo de iniciación de plazo (leasing).	<input checked="" type="radio"/> Si <input type="radio"/> No

Anterior Siguiente

Fuente: Elaboración propia

En cualquier momento de la verificación, si una de las especificaciones no se cumple, se activa el registro de inconsistencias, las cuales son calificadas de acuerdo con la escala asignada. El puntaje obtenido queda registrado en conjunto con los datos generales de cada número de obligación.

Por otro lado, las inconsistencias se registran en una tabla diferente con el fin de visualizar una o varias inconsistencias asociadas a una misma obligación.

Figura A3.9. Radicación de inconsistencias de crédito.

The image shows a screenshot of a software application window titled "INCONSISTENCIAS". The main window has a header with "FINQUAL" on the left and "Crédito N°:" and "Obligación" on the right. A sidebar on the left contains a list of 8 items, with the first two visible: "1. CONCESIONARIO" and "2. El código...". The main content area is a red form titled "RADICACIÓN DE INCONSISTENCIA". It contains four input fields: "Concesionario" (text), "Área Responsable" (dropdown), "Observaciones" (text), and "Detalle de documentos Incompletos" (text). Below these fields are two buttons: "Registrar" and "Volver". At the bottom of the main window, there are two navigation buttons: "Anterior" and "Siguiente".

Fuente: Elaboración propia

## 2. Módulo de Desembolsos

En el módulo de desembolsos se establecen las listas de chequeo para la verificación de los aspectos asociados a los beneficiarios, formas de pago y garantías de la obligación.

Esta opción se habilita una vez se hayan realizado los procesos de verificación del crédito durante su legalización y creación.

De igual manera, en el transcurso de la verificación si alguno de los criterios no está conforme se radica inconsistencia.

Figura A3.10: Pantalla de entrada de información básica del desembolso



The screenshot shows a software window titled 'FINQUAL' with a red background. The main heading is 'CONTROL CALIDAD DESEMBOLSO'. Below the heading, there are four input fields with labels to their left: 'Obligación', 'Línea de Negocio', 'Concesionario', and 'Usuario desembolso'. Each field is a white rectangle with a small downward arrow on the right side, indicating they are dropdown menus. At the bottom of the screen, there are two white buttons with black text: 'INICIAR DESEMBOLSO' on the left and 'INICIAR GARANTÍA' on the right. In the top right corner of the window, there are three small icons: a blue left arrow, a red power button, and a red 'X' close button.

Fuente: Elaboración propia

Figuras A3.11 a A3.16. Listas de verificación desembolso.

FINQUAL

Crédito N°:      Obligación

### VERIFICACIÓN DESEMBOLSO: Acta de Aprobación

1. Si existe promoción: El código de la promoción está correcto de acuerdo con las fichas del producto y la carta de condiciones financieras (firmada por el cliente).  
Subvención: Existe carta del concesionario firmada, con el cálculo correcto y en papel membreteado.

Sí     No     N.A.

2. Si tiene período de gracia: Existe el formato de capitalización o carta de condiciones financieras firmado por el cliente y la cuota este calculada correctamente.

Sí     No     N.A.

3. Si el crédito es compra de cartera: Existe visto bueno del jefe de canal.

Sí     No     N.A.

### Pagaré

4. El pagaré en blanco está firmado por el cliente y/o avalistas, existe Vo. Bo. del funcionario de Sufi que presenció la firma.

Sí     No

5. El formato del pagaré ( ) y corresponde al utilizado según la modalidad: crédito o leasing.

Sí     No     N.A.

6. Firma por poder pagaré blanco: Se adjunta visto bueno de Jurídico.

Sí     No     N.A.

7. Pagaré diligenciado: el nombre, cédula, valor, cuota, y plazo están correctos.

Sí     No     N.A.

Anterior      Siguiente

FINQUAL

Crédito N°:      Obligación

### VERIFICACIÓN DESEMBOLSO: Solicitud Desembolso

8. La solicitud de desembolso está firmada por el cliente y tiene visto bueno del funcionario que presenció la firma.

Sí     No

9. La solicitud de desembolso tiene el Vo. Bo. del corredor de seguros y de la aseguradora en señal de revisión y aceptación de la asegurabilidad.

Sí     No

10. Se especifica el nombre del beneficiario y éste está creado en el sistema.

Sí     No

11. Se indica la forma de pago: 1. Cheque para entregar por ventanilla. 2. cheque para consignar  
3. abono en cuenta. 4. abona a una obligación. **INFO**

Sí     No

12. El nombre del solicitante, valor, plazo, condiciones financieras y datos para el pago están SIN fe de erratas (correcciones).

Sí     No

Anterior      Siguiente

Fuente: Elaboración propia

FINQUAL

Crédito N°:      Obligación

### VERIFICACIÓN DESEMBOLSO: GMF

13. El formato de GMF está completamente diligenciado y firmado por el cliente  Sí  No

14. En el formato de GMF se indica 1. La destinación del crédito. 2. El nombre del beneficiario del (s) pago (s), 3. La información del beneficiario si es o no comercializador del bien financiado, 4. la forma de pago si es cheque o abono en cuenta, 5. Si es abono en cuenta los datos de la cuenta (Número, tipo de cuenta, Banco), 6. Si es para cancelar otro crédito de Sufi el número del crédito.  Sí  No

### Débito Automático

15. El formato de débito automático tiene diligenciados los campos de nombre y cédula del titular de la cuenta, además todos los campos indicados en la sección de "Información para el débito".  Sí  No  N.A

16. El formato de débito automático está firmado y no tiene enmendaduras ni fe de erratas.  Sí  No  N.A

17. Si no tiene débito automático: El formato de la TARE está diligenciado correctamente.  Sí  No  N.A

18. Si tiene seguro de desempleo: El formato está firmado por el cliente y contiene el número de plan, el cargo fijo está correctamente calculado.  Sí  No  N.A

Anterior      Siguiente

FINQUAL

Crédito N°:      Obligación

### VERIFICACIÓN GARANTÍA: Acta Aprobación

19. GARANTÍA: Marca y modelo deben ser iguales en la prenda o anexo de iniciación de plazo, la tarjeta de propiedad. En caso de que el propietario del vehículo en prenda sea un tercero, se valida que se encuentre creado en el sistema. Si se trata de garantía ya constituida sólo se valida que esté atada al nuevo crédito, marca y modelo en el sistema.  Sí  No

20. VALOR BIEN: Es igual o superior al de la prenda física o anexo de iniciación de plazo, en caso de ser menor se acepta hasta un 5% menos.  Sí  No

### Tarjeta de propiedad

21. Los siguientes datos son iguales en la prenda o anexo de iniciación de plazo: (1) Nombre genérico de la Línea, (2) servicio, (3) número de motor (si no tiene se revisa chasis, si no tiene se revisa la serie), (4) Identificación y (5) nombre del propietario. (6) Limitación a la propiedad a nombre  Sí  No

VEHÍCULO USADO: se requiere copia de la TP anterior o si es concesionario contrato de consignación para validar propietario anterior. El vendedor del vehículo usado está registrado en el sistema por ser beneficiario del pago.

Anterior      Siguiente

Fuente: Elaboración propia





### 3. Módulo de facturación

En este módulo se verifica el resultado final del crédito reflejado en su facturación. Los aspectos críticos considerados en esta etapa son el funcionamiento apropiado de los planes de pago especiales, los cuales requieren la creación manual de características adicionales; la tasa asignada al cliente y los cargos fijos asociados al crédito.

La opción de verificación de la facturación se habilita una vez se hayan recorrido los procesos de revisión de la tramitación, el crédito y el desembolso.

Figura A3.17: Datos de entrada para el control de la facturación.



La imagen muestra una ventana de software con el título 'FINQUAL'. El fondo principal es rojo con el texto 'CONTROL CALIDAD FACTURACIÓN' en blanco. En la esquina superior derecha hay dos iconos: uno de retroceso y otro de apagado. Hay dos campos de entrada de texto con botones de selección de lista desplegable: 'Obligación' con el valor '1053778482' y 'Usuario que revisa' con el valor 'OPEFSF'. En la parte inferior central hay un botón gris con el texto 'INICIAR'.

Fuente: Elaboración propia

Figuras A3.18, A3.19: Lista de verificación de la facturación

FINQUAL

Crédito N°: 1053778482

### VERIFICACIÓN DE FACTURACIÓN

Valor de la tasa

1. La tasa otorgada al cliente está correctamente asignada por el comercial. Ver acta de aprobación	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No	
2. La tasa otorgada al cliente en el acta de aprobación, expresada en porcentaje, está correctamente digitada en el sistema.	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No	
3. El cargo fijo de vehículo está correctamente calculado de acuerdo con el concepto de la aseguradora.	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N/A	
4. Si el cliente presentó endoso: No existe cargo fijo de vehículo en la factura del cliente.	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N/A	
5. Si el crédito tiene seguro de cuota: El cargo fijo está correctamente atado al crédito y calculado.	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N/A	
6. Si se genera extraprima de vida: El cargo fijo está correctamente atado al crédito y calculado de acuerdo con concepto de la aseguradora, existe observación 121.	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No <input type="radio"/> N/A	

FINQUAL

Crédito N°: 1053778482

### VERIFICACIÓN DE FACTURACIÓN

6. Los cargos fijos de sanción por prepago ( / cuota de recaudo están atados correctamente al producto.	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No
7. El plan de pagos registrado en el sistema factura de acuerdo con la carta de condiciones financieras: periodos de gracia, cuotas, plazo.	<input checked="" type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No
8. El valor total de la cuota, incluyendo cargos fijos está de acuerdo con la carta de condiciones financieras	<input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No

Fuente: Elaboración propia.



#### 4. Control tiempo de ciclo

La opción permite consultar el tiempo efectivo percibido por el cliente, en días transcurridos entre la legalización del crédito y su desembolso.

Esta consulta se habilita una vez se hayan recorrido todos los procesos de verificación del crédito.

Figura A3.20 Control tiempo total



The screenshot shows a software window titled 'FINQUAL' with a red background. The main heading is 'CONTROL TIEMPO TOTAL'. There are two input fields: 'Obligación' with a dropdown menu showing '12345', and 'Tiempo Total' with a text box containing '5,11622685185284'. A 'CONSULTAR' button is located at the bottom center. In the top right corner, there are navigation icons (back, forward, and power) and a close button (X).

Fuente: Elaboración propia

#### 5. Registro de los datos:

La información registrada a través de la aplicación se almacena en dos hojas de Excel que facilitan la sistematización para la medición de las variables de calidad y para la consolidación de indicadores de interés comercial.

En la primera hoja denominada “REGISTRO” se consolida la información relacionada con cada obligación, incluyendo la calificación consolidada de las variables de creación del crédito, desembolso, facturación y tiempo total.

Los campos registrados en esta hoja son:

**-Regional:** Zona del país donde se tramita el crédito, permite monitorear el comportamiento de la calidad en diferentes zonas.

**-Obligación:** Número asignado al crédito.

**- Fecha tramitación:** Fecha en la cual se llevó a cabo la firma de documentos para la legalización del crédito.

**-Usuario tramitación:** Ejecutor de la legalización del crédito que verificó esta etapa.

**-Cédula cliente:** Número de identificación, NIT o cédula.

**-Tipo operación:** Crédito o Leasing. Estos campos permiten monitorear la calidad por familia de productos

**- Tipo persona:** Natural, jurídica. Permite monitorear el comportamiento de la calidad por tipo de persona a quien se ofrece el crédito, dado que la instrumentación del crédito para cada una de ellas es diferente, siendo más compleja la correspondiente a persona jurídica.

**- Verificación tramitación:** En este campo se verifica si el usuario ha completado el proceso de verificación en la etapa de tramitación.

**-Línea negocio:** Se identifica el tipo de producto obtenido por el cliente de acuerdo con la siguiente clasificación: vehículo sin promoción, vehículo con promoción, motos, leasing, libre inversión.

**-Concesionario:** Nombre del canal del tercero donde se llevó a cabo la asesoría del producto.

**-Usuario desembolsos:** Indica el usuario del área de desembolsos que será encargado de realizar el pago y la verificación del desembolso.

- **Fecha aprobación:** Fecha en que el crédito fue aprobado por el área de análisis de crédito. Esta fecha permite monitorear el momento a partir del cual el crédito puede iniciar su etapa de instrumentación.

-**Fecha desembolso:** Fecha en la cual se lleva a cabo el desembolso al beneficiario del crédito.

-**Tasa comercial:** Tasa asignada al cliente por el asesor en el momento de la legalización del crédito.

-**Tasa apertura:** tasa digitada en el sistema por el área de crédito durante el proceso de apertura.

-**Tasa operaciones:** Tasa calculada por el sistema y atada al crédito una vez se genera la primera factura. Los campos de tasa permiten identificar en qué área ocurren errores por asignación de esta especificación.

**Observaciones:** Campo en el cual el usuario de desembolsos puede realizar aclaraciones adicionales sobre el crédito.

**Revisión factura:** Campo que permite a la aplicación identificar si ya se realizó el proceso de verificación completo hasta la facturación.

**Calificación crédito-Primera variable de calidad:** Valor de la variable de calidad del crédito, que consiste en la sumatoria de las calificaciones asignadas a las inconsistencias en las especificaciones de la creación del crédito.

**Calificación desembolso- Segunda variable de calidad:** Valor de la variable de calidad del desembolso, representada como la sumatoria de la calificación de las inconsistencias registradas durante la verificación de la variable.

**Calificación factura- Tercera variable de calidad:** Valor de la variable de calidad de la facturación representada como la sumatoria de la calificación de las inconsistencias registradas durante la verificación de la factura.

**Vigencia crédito:** Indica los días transcurridos entre la aprobación del crédito y la tramitación. Esta especificación de la calidad del crédito debe ser menor a 90 días, de lo contrario se genera no conformidad.

**Ejecutivo:** Ejecutivo comercial encargado de la venta del crédito. Con este campo es posible identificar cuáles ejecutivos tienen mayor cantidad de inconsistencias en sus créditos y a su vez permite asignar valores a la variable de calidad, presente en el modelo de remuneración variable.

**Gerente de Ventas:** Gerente de ventas a quien está asociada la venta del crédito. Este campo permite calificar la variable de calidad presente en el modelo de remuneración variable.

**Fecha final:** Fecha y hora en la que se registra la finalización de las verificaciones y del proceso productivo. Este campo se genera en el momento en que se finaliza la verificación de la facturación.

**Tiempo total-Cuarta variable de calidad:** Campo que permite monitorear la variable de calidad en el tiempo de respuesta. Es la diferencia entre la fecha final y la fecha de tramitación.

**Horas efectivas:** Expresión del tiempo total en horas laborales.

En la segunda hoja denominada “INCONSISTENCIAS” se radica el detalle de las no conformidades identificadas por cada crédito, para cada una de las cuales se especifica información acerca de la causalidad de la falla.

El registro de inconsistencias es de vital importancia en el proceso de la financiera, ya que permite identificar el cumplimiento de la variable de calidad que hace parte de su modelo de remuneración variable para el pago de comisiones a la fuerza comercial.

**Mes:** Mes en que se registra la falla. El objetivo de este campo es obtener informes de inconsistencias por mes.

**Día:** Día de la semana en el que se registra la falla. El objetivo del campo es monitorear si el día de la semana es significativo en la generación de inconsistencias.

**Fecha:** Fecha en la que se registra la falla.

**Regional:** Zona del país donde se genera la falla.

**Gerente de Ventas:** Gerente encargado del crédito que presentó la falla.

**Asesor:** Ejecutivo responsable del crédito con inconsistencia.

**Auxiliar:** Auxiliar que radicó el crédito y responsable de la inconsistencia.

**Línea de Negocio:** Se identifica el tipo de producto obtenido por el cliente de acuerdo con la siguiente clasificación: vehículo sin promoción, vehículo con promoción, motos, leasing, libre inversión.

**Obligación:** Número del crédito que presentó la falla.

**Concesionario:** Nombre del canal del tercero donde se llevó a cabo la asesoría del producto.

Los campos anteriormente mencionados se registran automáticamente en la hoja de inconsistencias, a partir de los datos del registro principal.

Por otro lado la información directamente relacionada con la inconsistencia los registra el usuario en el momento de la verificación. La tabla A3.1, muestra las no conformidades.

### Tabla A3.1 Inconsistencias

**Inconsistencia:** Tipo de no conformidad de acuerdo con la clasificación asignada:

1. Aprobación vencida
2. Cupo aval vencido o sin cupo disponible
3. Valor en solicitud de desembolso superior al valor aprobado
4. Falta observación en el acta donde se confirma si el cliente aceptó o no la tarjeta de crédito
5. Falta observación 100 o no es clara
6. Plan promocional sin instrumentar o Parametrizar
7. No cumple con las políticas del producto
8. Documentos incompletos, mal diligenciados, sin diligenciar o sin firmar
9. Falta firma en presencia o autenticación
10. Falta firma de jurídico en el poder del cliente
11. Evaluación de certificación cámara no creada o incompleta en el sistema
12. Crédito no está en colocaciones
13. Código de producto errado
14. Inconsistencia en colocaciones en el plan de pago
15. Codeudores no creados en colocaciones
16. Proveedor o tercero sin crear en el sistema

17. Diferencia de información entre documentos y el sistema
18. Valor a desembolsar no cubre saldo a cancelar de otro crédito
19. Tasa mal asignada o mal registrada en el sistema
20. Inconsistencia en el sistema con la cuenta matriculada para pago o con el tercero autorizado.
21. Garantía aprobada diferente a garantía constituida
22. Diferencia de datos entre la prenda o contrato leasing y la tarjeta de propiedad
23. Deudor prendario sin crear en el sistema
24. Inconsistencia en la póliza colectiva o endoso de seguro de vehículo
25. Factura leasing de mes anterior sin causar
26. Vendedor y/o canal para comisión en acta y en apertura no coinciden o no están registrados
27. Vendedor para comisión sin cuenta o con más de una cuenta matriculada para pago o mal creada
28. Valor de factura de comisiones no corresponde a valor a pagar
29. No están parametrizados los porcentajes para pago de comisión
30. Vendedor sin documentos
31. Vendedor sin parametrización tributaria o errada

**Área Responsable:** área en la que se generó la inconsistencia. Este campo permite monitorear la calidad en diferentes etapas del crédito e iniciar planes de acción para el mejoramiento.

**Desembolsó:** Indica si el crédito fue desembolsado o si por el contrario todo el proceso productivo fue detenido hasta solucionar la inconsistencia.

**Observaciones:** Campo que permite al usuario hacer anotaciones complementarias sobre las inconsistencias.

**Clase de inconsistencia:** Clasificación de la inconsistencia de acuerdo con el proceso en el que se generó:

Desembolso  
Garantía  
Comisión  
Facturación

**Detalle documentos incompletos:** Permite realizar una relación detallada de los documentos faltantes o mal diligenciados, por los cuales se generó la inconsistencia.

Figura A3.21: Registro de los datos.

B	C	D	E	F	G	H	I	J
obligación	fecha tramitación	usuario tramitación	cedula cliente	tipo operación	tipo persona	verificación tramit	línea negocio	concesionario
Obligación	13/03/2012 21:40	Auxiliar	cedula	crédito	natural		1 Vehículo sin promoci	Conces
777784r849	13/03/2012 21:08	Auxiliar	Cédula o nit	crédito	natural		1	
098765432	07/03/2012 21:41	Auxiliar	Cédula	crédito	natural		1 Vehículo sin promoci	Prueba total d
123456	07/03/2012 20:40	Auxiliar prueba 2	cedula	crédito	natural		1 Vehículo sin promoci	Prueba desem
Número de oblig:	07/03/2012 20:38	Auxiliar comercial pi	cedula o nit	crédito	natural		1 Vehículo sin promoci	Conces
1053778482	06/03/2012 20:49	Auxiliar prueba des	cedula cliente	crédito	natural		1 Vehículo con promoci	Concesionario
12345	06/03/2012 17:24	Auxiliar Comercial	1234	crédito	natural		1 Vehículo sin promoci	Prueba tiempo
237432784	04/03/2012 20:09	sjdhadjfasdh	1019184	crédito	natural		1	
Número de Oblig	06/03/2012 20:12	Auxiliar	Cédula	crédito	natural		1 Vehículo sin promoci	Conces prueba

Fuente:

Autora.

**ANEXO D: DISTRIBUCIÓN ABC INCONSISTENCIAS DE 2.011****Tabla A4.1 Clasificación del porcentaje de inconsistencias**

INCONSISTENCIA	%	% ACUM	CLASIFI C.
17. DIFERENCIA DE INFORMACIÓN ENTRE DOCUMENTOS Y EL SISTEMA	15,1%	15,1%	A
9. FORMATO GMF	9,8%	25,0%	A
1. SOLICITUD DE DESEMBOLSO	6,0%	30,9%	B
8. DÉBITO AUTOMÁTICO O TARE	5,3%	36,3%	B
14. PRENDA	5,2%	41,5%	B
24. INCONSISTENCIA EN LA PÓLIZA COLECTIVA O ENDOSO DE SEG. VEHICULO.	5,1%	46,6%	B
13. CÓDIGO DE PRODUCTO ERRADO	4,8%	51,4%	B
7. CARTA CONDICIONES FINANCIERAS	4,2%	55,6%	B
9. FALTA FIRMA EN PRESENCIA O AUTENTICACIÓN	2,9%	58,5%	B
5. FORMATO DE ASEGURABILIDAD (VIDA)	2,9%	61,3%	B
4. ACTA DE ENTREGA, PAGARÉ	2,8%	64,1%	B
14. INCONSISTENCIA EN COLOCACIONES EN EL PLAN DE PAGO.	2,8%	66,9%	C
13. DOCUMENTOS DE TARJETA DE CREDITO	2,4%	69,4%	C
10. FORMATO SEGURO DESEMPLEO	2,2%	71,6%	C
15. FACTURA DE VEHICULO NUEVO	2,1%	73,7%	C
3. VALOR EN SOLICITUD DE DESEMBOLSO SUPERIOR AL VALOR APROBADO	2,1%	75,8%	C
21. GARANTÍA APROBADA DIFERENTE A GARANTÍA CONSTITUIDA	1,9%	77,7%	C
20. INCONSISTENCIA EN EL SISTEMA CON LA CUENTA MATRICULADA PARA PAGO O CON EL TERCERO AUTORIZADO A RECLAMAR CHEQUE.	1,8%	79,5%	C
15. CODEUDORES NO CREADOS EN COLOCACIONES.	1,7%	81,2%	C
23. DEUDOR PRENDARIO SIN CREAR EN EL SIIF	1,7%	82,9%	C
17. COPIA TARJETA DE PROPIEDAD	1,7%	84,6%	C
7. NO CUMPLE CON LAS POLITICAS DEL PRODUCTO	1,7%	86,3%	C
12. CRÉDITO NO ESTÁ EN COLOCACIONES	1,6%	87,9%	C
6. PLAN PROMOCIONAL SIN INSTRUMENTAR O PARAMETRIZAR	1,2%	89,1%	C
12. CARTA AVAL	1,1%	90,2%	C
16. PROVEEDOR O TERCERO SIN CREAR EN SIIF.	0,9%	91,1%	C
11. CARTA DE DESCUENTO	0,8%	91,9%	C
3. CANON EXTRAORDINARIO	0,7%	92,7%	C



2. ANEXOS LEASING	0,7%	93,4%	C
5. FALTA OBSERVACION 100 O NO ES CLARA	0,7%	94,1%	C
11. EVALUACIÓN DE CERTICÁMARA NO CREADA O INCOMPLETA EN EL SIIF	0,7%	94,7%	C
18. SEGURO DE VEHÍCULO CÁMARA Y COMERCIO	0,6%	95,3%	C
1. APROBACIÓN VENCIDA	0,6%	95,8%	C
22. DIFERENCIA DE DATOS ENTRE LA PRENDA O CONTRATO LEASING Y LA TARJETA DE PROPIEDAD	0,5%	96,4%	C
2. CUPO AVAL VENCIDO O SIN CUPO DISPONIBLE	0,5%	96,9%	C
16. AVALUO O INSPECCIÓN DE VEHÍCULO USADO O FACTURA DE USADO DE CONCESIONARIO	0,4%	97,2%	C
17. AVAL	0,4%	97,6%	C
18. VALOR A DESEMBOLSAR NO CUBRE SALDO A CANCELAR DE OTRO CRÉDITO	0,4%	98,0%	C
25. FACTURA LEASING DE MES ANTERIOR SIN CAUSAR.	0,2%	98,2%	C
19. TASA MAL ASIGNADA O MAL REGISTRADA EN EL SISTEMA	0,2%	98,5%	C
FACTURA	0,2%	98,6%	C
6. OTROSI	0,2%	98,8%	C
SUBVENCIÓN	0,2%	99,0%	C
ACTA DE APROBACIÓN	0,2%	99,2%	C
10. FALTA FIRMA DE JURÍDICO EN EL PODER DEL CLIENTE	0,2%	99,4%	C
4. FALTA OBSERVACION EN EL ACTA DONDE SE CONFIRMA SI EL CLIENTE ACEPTÓ O NO LA TARJETA DE CREDITO.	0,1%	99,5%	C
AVALISTA	0,1%	99,6%	C
ANEXO DE INICIACIÓN	0,1%	99,7%	C
SEGURO	0,1%	99,8%	C
30. VENDEDOR SIN DOCUMENTOS	0,1%	99,9%	C
29. NO ESTAN PARAMETRIZADOS LOS PORCENTAJES PARA PAGO DE COMISION	0,0%	99,9%	C
26. VENDEDOR Y/O CANAL PARA COMISIÓN EN ACTA Y EN APERTURA NO COINCIDEN O NO ESTAN REGISTRADOS.	0,0%	100,0 %	C
	0,0%	%	C

**ANEXO E. ESCALAS DE MEDICIÓN DE LAS VARIABLES**

Para todas las tablas de este anexo: G= Gravedad, % AF= frecuencia de aparición de la falla, C= Calificación de la frecuencia de aparición y GxC= Valor asignado a la especificación.

**Tabla A5.1: Escalas de medición variable calidad en la creación del crédito.**

<b>N°</b>	<b>VERIFICACIÓN</b>	<b>CAUSAL DE RECHAZO</b>	<b>G</b>	<b>% AF</b>	<b>C</b>	<b>GxC</b>
1	El código del producto en el sistema es consistente con el tipo de operación: crédito o leasing.	13. CÓDIGO DE PRODUCTO ERRADO	6	4,7%	2	12
2	El código de la promoción está correctamente diligenciado y corresponde con la promoción asignada al cliente (ver fichas de producto).	6. PLAN PROMOCIONAL SIN INSTRUMENTAR O PARAMETRIZAR	7	1,20%	1	7
3	FINANCIACION RCI: el código de producto creado corresponde a un producto RCI.	6. PLAN PROMOCIONAL SIN INSTRUMENTAR O PARAMETRIZAR	3	1,20%	1	3
4	El nombre y número de cédula del cliente es igual en la apertura, en el acta de aprobación y en la solicitud de desembolso.	17. DIFERENCIA DE INFORMACIÓN ENTRE DOCUMENTOS Y EL SISTEMA	10	1,20%	1	10
5	Crédito con avalista: El nombre y cédula del avalista está igual que en su cédula y está creado en el sistema	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	10	0,09%	1	10
6	VALOR APROBADO: Es igual o mayor a la solicitud de desembolso, en caso de ser inferior se acepta hasta un 5%. El valor de la apertura es igual a la solicitud de desembolso.	3. VALOR EN SOLICITUD DE DESEMBOLSO SUPERIOR AL VALOR APROBADO	9	2,10%	1	9
7	El plazo creado en el sistema debe ser igual al plazo de la solicitud de desembolso, al pagaré diligenciado y al anexo de iniciación de plazo	17. DIFERENCIA DE INFORMACIÓN ENTRE DOCUMENTOS Y EL SISTEMA	7	15,50%	3	21

	(leasing).					
8	El código del producto está correctamente creado	13. CÓDIGO DE PRODUCTO ERRADO	6	4,70%	2	12
9	El plan tradicional está correctamente creado de acuerdo con lo ofrecido al cliente	14. INCONSISTENCIA EN COLOCACIONES EN EL PLAN DE PAGO.	9	5,00%	2	18
10	El código del plan prototipo está creado correctamente, acorde con las fichas de producto.	14. INCONSISTENCIA EN COLOCACIONES EN EL PLAN DE PAGO.	9	5,00%	2	18
11	Plan prototipo: Las características del plan prototipo están correctamente creadas: número de cuotas interés, puntos adicionales, tipo de tasa (fija-variable), expresión de la tasa (mensual, trimestral) y número de cuotas según periodicidad. Esta verificación debe realizarse contra las fichas.	14. INCONSISTENCIA EN COLOCACIONES EN EL PLAN DE PAGO.	9	5,00%	2	18
12	CONCESIONARIO: Para la comisión. Debe decir "DIRECTO", "INDEPENDIENTE" o "EL NOMBRE DE UN CONCESIONARIO. Debe coincidir con el campo de código de canal en la apertura.	26. VENDEDOR Y/O CANAL PARA COMISIÓN EN ACTA Y EN APERTURA NO COINCIDEN O NO ESTAN REGISTRADOS.	3	0,10%	1	3
13	Los cargos fijos asociados al producto coinciden con las condiciones ofrecidas al cliente.	7. NO CUMPLE CON LAS POLITICAS DEL PRODUCTO	6	1,60%	1	6
14	Aprobación vigente	1. APROBACIÓN VENCIDA	7	0,51%	1	7
	<b>Valor máximo de la variable</b>					<b>154</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla A5.2. Escalas de medición variable calidad del desembolso

N°	ESPECIFICACIÓN	TIPO DE FALLA	G	% AF	C	G*C
1	<b>Si existe promoción:</b> El código de la promoción está correcto de acuerdo con las fichas del producto y la carta de condiciones financieras (firmada por el cliente). Existe carta del concesionario en papel membreteado y firmado. <b>Subvención:</b> Existe carta del concesionario firmada, con el cálculo correcto y en papel membreteado.	6. PLAN PROMOCIONAL SIN INSTRUMENTAR O PARAMETRIZAR	7	1,2%	1	7
2	<b>Si tiene periodo de gracia:</b> Existe el formato de capitalización o carta de condiciones financieras firmado por el cliente y la cuota este calculada correctamente.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	7	2,5%	1	7
3	<b>Si el crédito es compra de cartera:</b> Existe visto bueno del jefe de canal.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	3	0,1%	1	3
4	El pagaré en blanco está firmado por el cliente y/o avalistas, existe Vo. Bo. del funcionario de Sufi que presenció la firma.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	10	2,8%	1	10
5	El formato del pagaré es el de Bancolombia y corresponde al utilizado según la modalidad: crédito o leasing.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	8	2,8%	1	8
6	<b>Firma por poder pagaré blanco:</b> Se adjunta visto bueno de jurídico.	10. FALTA FIRMA DE JURÍDICO EN EL PODER DEL CLIENTE	6	2,8%	1	6
7	<b>Pagaré diligenciado:</b> el nombre, cédula, valor, cuota, y plazo están correctos.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	9	2,8%	1	9
8	La solicitud de desembolso está firmada por el cliente y tiene visto bueno del funcionario que presenció la firma.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	8	6,0%	2	16

9	La solicitud de desembolso tiene el Vo. Bo. del corredor de seguros y de la aseguradora en señal de revisión y aceptación de la asegurabilidad.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	8	6,0%	2	16
10	Se especifica el nombre del beneficiario y éste está creado en el sistema.	16. PROVEEDOR O TERCERO SIN CREAR EN SIIF.	5	3,0%	2	10
11	<b>Se indica la forma de pago: 1. Cheque para entregar por ventanilla 2. Cheque para consignar</b> (indicar Banco, tipo y número de cuenta), <b>3. Abono en cuenta</b> (indicar Banco, tipo y número de cuenta, y registrada en el sistema) <b>4. Abona a una obligación</b>	20. INCONSISTENCIA EN EL SISTEMA CON LA CUENTA MATRICULADA PARA PAGO O CON EL TERCERO AUTORIZADO A RECLAMAR CHEQUE.	6	1,2%	1	6
12	El nombre del solicitante, valor, plazo, condiciones financieras y datos para el pago están SIN fe de erratas (correcciones).	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	8	1,6%	1	8
13	El formato de GMF está diligenciado y firmado por el cliente	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	6	9,8%	3	18
14	En el formato de GMF se indica <b>1.</b> La destinación del crédito. <b>2.</b> El nombre del beneficiario del (s) pago (s), <b>3.</b> La información del beneficiario si es o no comercializador del bien financiado, <b>4.</b> La forma de pago si es cheque o abono en cuenta, <b>5.</b> Si es abono en cuenta los datos de la cuenta (Número, tipo de cuenta, Banco), <b>6.</b> Si es para cancelar otro crédito de la financiera.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	6	9,8%	3	18
15	El formato de débito automático tiene diligenciados los campos de nombre y cédula del titular de la cuenta, además todos los campos indicados en la sección de "Información para el débito".	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	7	5,3%	2	14
16	El formato de débito automático está firmado y no tiene enmendaduras ni fe de erratas.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR,	8	5,3%	2	16

		SIN FIRMAR				
17	<b>Si no tiene débito automático:</b> El formato de la TARE está diligenciado correctamente.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	7	5,3%	2	14
18	<b>Si tiene seguro de desempleo:</b> El formato está firmado por el cliente y contiene el número de plan, el cargo fijo está correctamente calculado.	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	7	2,2%	1	7
26	<b>GARANTÍA:</b> Marca y modelo deben ser iguales en la prenda o anexo de iniciación de plazo, la tarjeta de propiedad. En caso de que el propietario del vehículo en prenda sea un tercero, se valida que se encuentre creado en el sistema. Si se trata de garantía ya constituida sólo se valida que esté atada al nuevo crédito, marca y modelo en el sistema.	GARANTÍA APROBADA DIFERENTE A GARANTÍA CONSTITUIDA	6	5,1%	2	12
27	<b>VALOR BIEN:</b> Se valida que sea igual o superior al de la prenda física o anexo de iniciación de plazo, en caso de ser menor se acepta hasta un 5% menos.	GARANTÍA APROBADA DIFERENTE A GARANTÍA CONSTITUIDA	8	5,1%	2	16
28	Los siguientes datos deben ser iguales en la tarjeta de propiedad, prenda o anexo de iniciación de plazo: Línea (solo se valida el nombre genérico), servicio, número de motor (si no tiene se revisa chasis, si no tiene se revisa la serie), Identificación y nombre del propietario.	DIFERENCIA DE DATOS ENTRE LA PRENDA O CONTRATO LEASING Y LA TARJETA DE PROPIEDAD	9	6,0%	2	18
29	Número de motor debe ser igual al de la prenda o anexo de iniciación de plazo, cuando no tiene número de motor se valida el campo de chasis, si no tiene se revisa la serie.	DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	8	2,5%	1	8

30	<p>La prenda tiene Vo.Bo. del funcionario que presencié la firma del cliente.</p> <p>Si hay errores en la prenda o modificaciones, debe estar el otrosí original firmado. No debe tener enmendaduras.</p>	8. DOCUMENTOS INCOMPLETOS, MAL DILIGENCIADOS, SIN DILIGENCIAR O SIN FIRMAR	10	5,2%	2	<b>20</b>
31	<p>Placa del vehículo igual al de la tarjeta de propiedad.</p> <p>La póliza de seguro debe tener el Vo. Bo. del corredor de seguros; si es endoso debe además tener sello de Willis, con los campos de fecha, firma (iniciales del nombre de quien revisó).</p> <p>Si es crédito con promoción se valida que el requisito en la ficha se cumpla (colectiva o endoso).</p>	INCONSISTENCIA EN LA PÓLIZA COLECTIVA O ENDOSO DE SEG. VEHICULO.	9	0,70%	1	<b>9</b>
35	<p>La carta aval está vigente (según indique en la misma carta ej: 30, 45 o 60 días), y está diligenciada en el formato que corresponda de acuerdo a si el cliente firmó pagaré en blanco o diligenciado.</p> <p>El avalista debe tener cupo disponible.</p> <p>En el sistema el código de producto debe corresponder a garantía personal.</p>	CUPO AVAL VENCIDO O SIN CUPO DISPONIBLE	8	1,50%	1	<b>8</b>
<b>Valor máximo de la variable</b>						<b>284</b>

Tabla A5.3: Escalas de medición variable calidad en la facturación.

N°	VERIFICACIÓN	CAUSAL DE RECHAZO	G	% AF	C	G X C
1	La tasa otorgada al cliente está correctamente asignada por el comercial.	19. TASA MAL ASIGNADA O MAL REGISTRADA EN EL SISTEMA	9	4,0%	2	18
2	La tasa otorgada al cliente está correctamente digitada en el sistema.	19. TASA MAL ASIGNADA O MAL REGISTRADA EN EL SISTEMA	10	4,0%	2	20
3	El cargo fijo de vehículo está correctamente calculado de acuerdo con el concepto de la aseguradora.	17. DIFERENCIA DE INFORMACIÓN ENTRE DOCUMENTOS Y EL SISTEMA	7	8,0%	3	21
4	<b>Si el cliente presentó endoso:</b> No existe cargo fijo de vehículo en la factura del cliente.	17. DIFERENCIA DE INFORMACIÓN ENTRE DOCUMENTOS Y EL SISTEMA	6	8,0%	3	18
5	<b>Si el crédito tiene seguro de cuota:</b> El cargo fijo está correctamente atado al crédito y calculado.	17. DIFERENCIA DE INFORMACIÓN ENTRE DOCUMENTOS Y EL SISTEMA	7	8,0%	3	21
6	<b>Si se genera extra-prima de vida:</b> El cargo fijo está correctamente atado al crédito y calculado de acuerdo con concepto de la aseguradora.	17. DIFERENCIA DE INFORMACIÓN ENTRE DOCUMENTOS Y EL SISTEMA	6	3,6%	2	12
7	Los cargos fijos de sanción por prepago (excepto banca-vehículos) y cuota de recaudo están atados correctamente al producto.	7. NO CUMPLE CON LAS POLITICAS DEL PRODUCTO	6	2,0%	1	6
8	El plan de pagos está de acuerdo con la carta de condiciones financieras	14. INCONSISTENCIA EN COLOCACIONES EN EL PLAN DE PAGO	10	6,0%	2	20



9	El valor total de la cuota, incluyendo cargos fijos está de acuerdo con la carta de condiciones financieras	7. NO CUMPLE CON LAS POLITICAS DEL PRODUCTO	8	6,0%	2	16
	<b>Valor máximo de la variable</b>					<b>152</b>

Fuente:

Elaboración

propia

**ANEXO F: DESCOMPOSICIÓN DEL ESTADÍSTICO  $T^2$** 

En la tabla que se presenta a continuación se visualizan los valores de las observaciones registradas durante el periodo de investigación, los estadísticos  $T^2$  y las variables contribuyentes a las señales por fuera de control.

**Tabla A6.1** Tabla de datos y valores del estadístico  $T^2$ 

i	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$T^2(1)$	$T^2(2)$	D1	D2	D3	D4	Cont
1	0	12	18	96,12	12,06	12,66	3,2	1,7	1,78	4,62	X4
2	0	10	0	35,21	3,97	3,57	-0,37	2,59	-0,42	0,56	
3	0	0	0	68,83	3,06	2,73	-0,63	-0,67	-0,67	1,28	
4	0	0	0	27,23	1,79	1,95	0,81	0,83	0,81	1,93	
5	10	0	20	52,96	6,23	4,95	1,83	0,8	4,04	0,93	
6	0	0	0	32,17	1,22	1,32	0,74	0,77	0,74	1,27	
7	0	0	0	32,22	1,21	1,32	0,74	0,77	0,74	1,27	
8	0	0	0	47,85	0,7	0,61	0,35	0,38	0,34	0,23	
9	0	0	0	41,45	0,67	0,67	0,55	0,58	0,54	0,46	
10	0	0	0	41,51	0,67	0,66	0,55	0,58	0,54	0,46	
11	18	0	0	82,7	14,88	15,4	7,74	0,36	1,96	1,18	X1
12	0	9	0	36,29	3,17	2,85	-0,2	2,04	-0,25	0,5	
13	0	0	18	30,96	6,99	6,3	-1,46	-1,79	3,76	0,31	
14	6	18	0	60,3	10,05	8,08	0,42	8,9	0,83	0,16	X2
15	0	0	0	46,65	0,67	0,6	0,39	0,42	0,39	0,25	
16	6	0	0	49,02	1,29	1,33	0,44	-0,02	0,16	-0,31	
17	0	0	0	49,08	0,74	0,64	0,31	0,33	0,3	0,21	
18	0	14	0	68,67	6,81	5,91	0,6	4,12	0,34	0,68	
19	0	0	0	55,61	1,16	0,99	0,05	0,06	0,03	0,29	
20	0	0	0	41,06	0,68	0,68	0,56	0,59	0,55	0,49	
21	0	0	0	47,28	0,68	0,6	0,37	0,4	0,36	0,24	
22	0	0	0	66,97	2,71	2,4	-0,53	-0,55	-0,55	1,08	
23	0	0	0	40,03	0,71	0,72	0,59	0,61	0,58	0,55	
24	0	18	0	27,83	13,84	12,31	-2,31	9,74	-2,37	1,03	X2
25	9	0	18	33,69	7,52	6,1	0,07	-1,6	2,16	1,55	
26	0	0	0	20,88	2,81	3,05	0,84	0,85	0,84	3	
27	0	0	0	41,17	0,68	0,68	0,56	0,58	0,55	0,48	

28	0	0	0	60,69	1,73	1,49	-0,19	-0,19	-0,21	0,54	
29	12	0	16	87,85	7,97	7,98	4,2	4,17	3,39	5,31	
30	0	14	0	39,96	6,84	5,96	-0,65	5,4	-0,75	-0,03	
31	0	0	0	68,44	2,98	2,66	-0,61	-0,64	-0,64	1,24	
32	0	0	0	48,4	0,71	0,62	0,33	0,36	0,32	0,22	
33	0	0	0	48,94	0,73	0,64	0,31	0,34	0,31	0,21	
34	12	0	0	74,21	6,98	7,35	2,26	0,06	0,9	0,71	
<b>35</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>80,72</b>	<b>11,01</b>	<b>10,67</b>	<b>7,71</b>	<b>9,48</b>	<b>8,42</b>	<b>6,24</b>	<b>X2</b>
36	0	0	16	80,8	6,67	5,91	0,91	-0,16	0,63	2,21	
37	0	10	0	73,41	4,82	4,26	0,35	0,9	0,13	1,5	
38	0	0	20	39,95	6,94	6,05	-1	-1,54	4,59	-0,73	
39	0	10	0	64,46	3,58	3,06	0,34	1,47	0,17	0,44	
40	0	0	0	45,43	0,65	0,59	0,43	0,46	0,43	0,28	
41	0	0	22	68,05	7,76	6,61	0,88	-0,34	4,54	-0,28	
42	0	0	0	61,32	1,81	1,57	-0,22	-0,23	-0,24	0,58	
43	12	0	0	73,76	6,9	7,27	2,29	0,05	0,88	0,64	
44	0	0	18	27,21	7,75	7,08	-1,78	-2,05	3,8	0,82	
45	0	10	0	73	4,75	4,2	0,36	0,93	0,14	1,44	
46	0	0	0	26,47	1,89	2,07	0,81	0,83	0,81	2,04	
47	6	10	18	67,95	5,02	5,1	1,81	3,36	4,21	1,82	
48	0	0	0	67,87	2,87	2,56	-0,58	-0,61	-0,61	1,18	
49	0	0	0	27,45	1,76	1,92	0,8	0,82	0,8	1,9	
50	10	0	20	48,36	6,68	5,29	1,51	0,22	3,82	0,92	
51	0	0	0	33,78	1,07	1,16	0,72	0,75	0,72	1,09	
52	0	0	0	32,24	1,21	1,31	0,74	0,77	0,74	1,26	
53	6	0	20	58,88	4,79	3,87	0,46	0,85	4,25	0,43	
54	0	0	0	46,53	0,67	0,6	0,4	0,42	0,39	0,25	
55	0	0	0	21,24	2,74	2,98	0,84	0,85	0,84	2,93	
56	0	0	0	26,78	1,85	2,02	0,81	0,83	0,81	1,99	
57	0	0	0	40,44	0,7	0,7	0,57	0,6	0,57	0,53	
58	0	0	0	27,19	1,79	1,96	0,81	0,83	0,81	1,93	
59	0	0	0	41,24	0,68	0,67	0,55	0,58	0,55	0,48	
<b>60</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>34,94</b>	<b>14,31</b>	<b>12,85</b>	<b>10,02</b>	<b>-3,76</b>	<b>-3,1</b>	<b>-1,38</b>	<b>X1</b>
61	0	0	0	47,44	0,69	0,61	0,37	0,39	0,36	0,23	
62	0	12	0	34,73	5,63	5,01	-0,67	3,9	-0,74	0,51	
63	0	0	10	54,05	1,52	1,21	0,27	-0,06	0,41	-0,26	
64	10	8	12	87,7	5,52	5,91	3,95	3,67	3,46	5,46	

65	0	0	0	47,55	0,69	0,61	0,36	0,39	0,35	0,23	
66	0	0	12	61,39	2,48	2,02	0,39	-0,12	0,53	-0,05	
67	6	0	0	54,07	1,41	1,47	0,24	0	0,22	-0,27	
68	0	0	20	66,66	6,41	5,42	0,76	-0,3	3,47	-0,24	
69	9	0	0	40,22	3,27	3,1	1,89	-0,71	-0,47	-0,34	
70	0	0	0	42,84	0,65	0,63	0,51	0,54	0,51	0,39	
71	12	10	0	54,42	6,51	5,15	3,45	1,27	0,38	-0,37	
72	0	0	0	27,63	1,74	1,89	0,8	0,82	0,8	1,87	
73	6	7	0	61,18	1,9	1,6	0,34	0,49	0,73	0,17	
74	10	0	0	39,21	4,12	3,86	2,47	-0,98	-0,7	-0,4	
75	0	0	0	40,13	0,71	0,72	0,58	0,61	0,58	0,55	
<b>76</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>66,14</b>	<b>11,55</b>	<b>10,34</b>	<b>6,65</b>	<b>7,74</b>	<b>6,09</b>	<b>4,21</b>	<b>X2</b>
77	9	0	0	48,92	2,84	2,8	1,62	-0,39	-0,07	-0,66	
78	0	0	0	69,08	3,11	2,78	-0,65	-0,68	-0,68	1,31	

**BIBLIOGRAFÍA**

Abbasi, B., Niaki, S., Abdollahian, M & Hosseinifard, S. (2009). A transformation-based multivariate chart to monitor process dispersion. *International Journal of Advance Manufacturing Technology*. Vol 44. pp 748-746.

Ahmadzadeh, F. (2009). Change point detection with multivariate control charts by artificial neural network. *International Journal of Advance Manufacturing Technology*.

Antony, J. (1999). Ten useful and practical tips for making your industrial experiments successful. *The TQM magazine*. Vol 11. pp. 252-256.

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2003). *Guía para la implantación de sistemas de indicadores UNE 66175*.

Barbiero, C., Flury, M., Ruggieri, M. (2002). Control estadístico de procesos multivariados esquemas de muestreo para gráficos t<sup>2</sup> de hotelling. Instituto de Investigaciones Teóricas y Aplicadas. Escuela de Estadística. Proyecto: "Métodos multivariados aplicados a procesos industriales".

Beckford, J. (1998). *Quality : A Critical Introduction*. Florence, KY, USA: Routledge.

Bishnu Sharma and David Gadenne. (2006). An inter-industry comparison of quality management practices and performance. *Managing service quality*. Vol 12 Tomado de <http://www.bases.unal.edu.co:2127/lib/unalbog/docDetail.action?docID=10052809>.

Box, G., Narasimhan, S. (2010). Rethinking Statistics for Quality Control. *Quality Engineering*, Vol 22. N° 2.

Büyüközkan, G., Öztürkcan, D.. (2010). An integrated analytic approach for Six Sigma project selection. *Expert Systems with Applications* Vol 37 pp. 5835–5847.

Camones, F. (2002). Control de calidad en los procesos Estadísticos . Una aproximación basada en los modelos ARIMA con Análisis de Intervención. Centro de Investigación y desarrollo del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Capizzi, G., Masarotto, G. (2010). Evaluation of the run-length distribution for a combined Shewhart-EWMA control chart. *Statistics and Computing Journal*. Vol 20, pp. 23–33.

Carnevalli, J.A., Miguel P.C. (2008). Review, analysis and classification of the literature on QFD—Types of research, difficulties and benefits. *Int. J. Production Economics* 114, 737– 754.

Chakravorty, S. (2009). Six Sigma programs:An implementation model. *International Journal of Production Economics*-119. pp 1-16.

Chang, Y., Wu, T. (2011). On Average Run Lengths of Control Charts for Autocorrelated Processes. *Methodology and computing in Applied probability*. Vol 13, pp. 419–431.

Chen, Y. (2007). Adaptive sampling enhancement for Hotelling's T2 charts. *European Journal of Operational Research*. Vol 178, pp. 841-857.

Chih, W., Rollier, D. (1995). A methodology of pattern recognition schemes for two variables in SPC. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 12 No. 3, pp. 86-107.

Corrêa da Silva, J. (2007). *Estatística Experimental: Planejamento de Experimentos*. [Artículo en Internet]: Universidade Federal de pelotas Instituto de Física e Matemática. Departamento de Matemática e Estatística. Consultado en 25/10/2011. [http://www.galileu.esalq.usp.br/arquivos/Plan\\_Experimentos.pdf](http://www.galileu.esalq.usp.br/arquivos/Plan_Experimentos.pdf).

Correia, F., Neveda, R., Oliveira, P. (2011). Chronic respiratory patient control by multivariate charts. *International Journal of Health Care Quality Assurance*. Vol. 24 No. 8, pp. 621-643.

Costa, A., Machado, M (2008). A new chart based on sample variances for monitoring the covariance matrix of multivariate processes. *International Journal of Advance Manufacturing Technology*. Vol 41. pp 770-779.

Crosby, P. B. (1987). *Quality without tears*. Editorial Mc Graw Hill.

"DANE. (2011). PRODUCTO INTERNO BRUTO Segundo trimestre de 2011 -Base 2005. [sitio en internet]:[http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/presen\\_PIB\\_IItrim11.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/presen_PIB_IItrim11.pdf).

Das, N., Prakash, V. (2008). Interpreting the out-of-control signal in multivariate control chart — a comparative study *International Journal of Advance Manufacturing Technology*. Vol. 37, pp. 966–979.

De Vries, W., Wu, S. (1978). Evaluation of Process Control Effectiveness and Diagnosis of Variation in Paper Basis Weight via Multivariate Time series Analysis. IEEE Transactions on automatic control, vol.23, No. 4.

Dean, E. (1991). Taguchi approach to design optimization for quality and cost: An overview. 1991 Annual Conference of the International Society of Parametric Analysts.

Deming, W.E. (1989). Calidad, productividad y competitividad. Madrid: Edición Diaz de Santos.

Durán, Z., Orlandoni, G. (2006). Control de calidad de indicadores de alerta temprana determinados mediante modelos de ecuaciones estructurales. Caso: riesgo financiero en la banca nacional. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales de la Universidad de Los Andes (IIES – ULA).

Faraz, A., Chalaki, K., Moghadam, M. (2011). On the properties of the hotelling's T2 control chart with variable sampling intervals. Quality and Quantity Journal. Vol. 45, pp. 579–586.

Fleury, A. (1995). Quality and productivity in the competitive strategies of Brazilian industrial enterprises. World Development, Vol. 23, pp. 73–85.

Gadre, M., Rattihalli, R. (2005). Likelihood ratio based multi-attribute control chart International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering. Vol. 12, No. 2, pp. 149–166

Galvani, L. (2010). Análise comparativa da aplicação do programa seis sigma em processos de manufatura e serviços. USP/Engenharia de produção.



- Golosnoy, V., Schmid, W. (2007). EWMA Control Charts for Monitoring Optimal Portfolio Weights. *Sequential Analysis*. Vol. 26, pp. 195–224.
- Gumus, Murat., Koleoglu., Nilay. (2002). Factor Analysis on service attributes of canakkale Municipality. *The TQM Magazine*. Vol 14, N° 6. pp 373-375.
- Hand,D., Crowder, M. (2005). Measuring customer quality in retail banking. *Statistical Modelling* Vol.5, pp. 145–158.
- Hanke, J., Wichern D. (2006). *Pronósticos en los negocios*. Octava Edición. Pearson-Prentice Hall: Naucalpan de Juarez, Edo. México.
- Haro,C. (2001). Selección de planes de muestreo para los gráficos de control T2 de hotelling y varianza generalizada. Universidad Politécnica de Valencia. Tesis Doctoral.
- Hawkins, D. (1991). Multivariate Quality Control Based on Regression-Adjusted Variables. *Technometrics*, Vol. 33, No. 1, pp. 61-75.
- Hecht, H. (2003). *Systems Reliability and Failure Prevention*. Norwood, MA, USA: Editorial: Artech House. 245 p.
- Hotelling,H . (1947). Multivariate Quality Control-Illustrated by the Air Testing of Sample Bombsights, in *Techniques of Statistical analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Hu, K., Jingqi, Y. (2008). Multivariate statistical process control based on multiway locality preserving projections. *Journal of Process Control* Vol. 18, pp. 797–807.

Ishikawa, K. (1985). ¿Qué es control total de calidad? Modalidad Japonesa. Editorial Prentice Hall.

Jackson, J., Morris, R. (1957). An Application of Multivariate Quality Control to Photographic Processing. Journal of the American Statistical Association, Vol. 52, No. 278, pp. 186-199.

Jayaram, J. Das, A., Nicolae, M. (2010). Looking beyond the obvious:Unraveling the Toyota production system. International Journal of Production Economics. Vol 128. pp. 280–291.

Johnson, M., Naderb, G., Fornella, C (1996). Expectations, perceived performance, and customer satisfaction for a complex service: The case of bank loans. Journal of Economic Psychology, Vol.17, pp. 163–182.

Juran, J. M (1998) Quality in the United States. Blacklick, OH, USA: McGraw-Hill Professional Publishing. p14.  
<http://site.ebrary.com/lib/unalbog/Doc?id=10152928&ppg=14>

Juran, J.M., Godfrey,A.B. (2001). Manual de calidad. Quinta Edición. Madrid: Mc Graw Hill.

Juran, Joseph M. Godfrey, A. Blanton . (1998). Quality in Japan. --- Tomado de <http://www.bases.unal.edu.co:2127/lib/unalbog/docDetail.action?docID=5003218>.

Kairong Liang . (2010). Aspects of Quality Tools on Total Quality Management. Modern Applied Science.

Kemp, Sid.(2005). Quality Management Demystified. Blacklick, OH, USA: McGraw-Hill Professional Publishing.

Latin America Quality Institute. [sitio en Internet]:  
[http://www.laqi.org/quienes\\_somos\\_esp.html](http://www.laqi.org/quienes_somos_esp.html). (sf). Quienes Somos, conoce LAQI. Latin America Quality Institute. [sitio en Internet]:  
[http://www.laqi.org/quienes\\_somos\\_esp.html](http://www.laqi.org/quienes_somos_esp.html).

Liang, Y. (2010). Analyzing and forecasting the reliability for repairable systems using the time series decomposition method. International Journal of Quality & Reliability Management. Vol. 28 No. 3.

Liker, J. (2011). Toyota: cómo el fabricante más grande del mundo alcanzó el éxito.. Bogotá: Editorial Norma. Primera Edición.

Long-Hui, C., Fengming M., C., & Yueh-Li, C. (2011). THE APPLICATION OF MULTINOMIAL CONTROL CHARTS FOR INSPECTION ERROR. International Journal of Industrial Engineering, 18(5), 244-253. Retrieved from EBSCOhost.

Lowry, C., Woodall, W., Champ,C., Rigdon,S. (1992) A multivariate Exponentially Weighted moving average Control Chart. American Society of Quality. Technometrics, Vol. 34, No. 1, pp. 46-53.

Maddern, H., Maull, R., Smart, A., Baker, P. (2007). Customer satisfaction and service quality in UK financial services. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 27 No. 9, pp. 998-1019

Maghsoodloo, S et. al (2004). Strengths and Limitations of Taguchi's Contributions to Quality, Manufacturing, and Process Engineering. Journal of manufacturing systems. Vol 23 N°2.

Mandel, J. (1969). The Regression Control Chart. Journal of Quality Technology. Volume 1. N° 1.

Maravelakis, P., Bersimis, S. (2009). The use of Andrews curves for detecting the out-of-control variables when a multivariate control chart signals. Statistical Papers, Vol. 50, pp. 51-65.

Martin, William; Fritz, Elaine (Editor). . (1989). MANAGING QUALITY CUSTOMER SERVICE. ----- Tomado de <http://www.bases.unal.edu.co:4169/MuseSessionID=b3b5822746e34a1fd37014b91a6b0d8/MuseHost=site.ebrary.com/MusePath/lib/unalbog/docDetail.action?docID=10058832>.

Masaaki, I. (1992). Kaizen: La clave de la ventaja competitiva japonesa. México D.F: Cia. Editorial Continental.

Molina, A., Consuegra, D., Esteban, A. (2007). Relational benefits and customer satisfaction in retail banking. International Journal of Bank Marketing , Vol. 25 No. 4, pp. 253-271

Molteni, G. et al.. (2011). El sector de comercio y servicios genera dos tercios del PIB de la República Argentina. Cámara de comercio Argentina: Departamento de Economía.

[Sitio en Internet]: [http://www.cac.com.ar/documentos/53\\_Serie%20Relevancia%20-%20Informe%20PIB%20-%20Abr2011.pdf](http://www.cac.com.ar/documentos/53_Serie%20Relevancia%20-%20Informe%20PIB%20-%20Abr2011.pdf).

Montgomery Douglas (2005). Diseño y análisis de experimentos. 2da ed. LimusaWiley: México D.F

Montgomery, D.. (2001). Introduction to Statistical Quality Control. Cuarta Edición. John Wiley & Sons..

Murphy, B. (1987). Selecting Out of Control Variables With the T2 Multivariate Quality Control Procedure. Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician), Vol. 36, No. 5. Special Issue: Industry, Quality and Statistics, pp. 571-581.

Niaki, S., Abbasi, B. (2007). Bootstrap method approach in designing multi-attribute control charts. International Journal of Advance Manufacturing Technology. Vol.35, pp. 434–442

Niaki, S., Fallah, M. (2009). Decision-making in detecting and diagnosing faults of multivariate statistical quality control systems. International Journal of Advance Manufacturing Technology. Vol 42, pp. 713–724.

Oficina Internacional del trabajo (2004). Introducción al estudio del trabajo . Mexico: Editorial Limusa. Cuarta edición. 522p.

Oficina Económica y Comercial de España en Brasilia. (2011). Informe Económico y comercial. Secretaría de Estado de comercio Exterior. [Sitio en Internet]:

<http://www.oficinascomerciales.es/icex/cma/contentTypes/common/records/viewDocument/0,,00.bin?doc=4257951>.

Ospina, C., Yañez, S., Lopera, C. (2010). Algunas cartas de control bivariadas para atributos. *Dyna*, Año 77, Nro. 162, pp. 325-337.

Pérez, C. (1999). *Control Estadístico de la calidad. Teoría, práctica y aplicaciones informáticas*. México D.F: Alfaomega grupo Editor S.A.

Pérez-Fernandez de velasco, J. (2010). *Gestión por procesos*. Madrid: ESIC Editorial. Cuarta Edición.

Phillips, E., Pugh, D. (1987). *How to get a PHD: A handbook for students and their supervisors*. London: Open University press, Mc graw hill. 235p.

Pyzdek, T. (2003). *Six Sigma Handbook*. Blacklick, OH, USA: McGraw-Hill Trade.

Rezaei, A., Çelik, T., Baalousha, Y.. (2011). Performance measurement in a quality management system. *Scientia Iranica E* . Vol. 18 (3), pp. 742–752.

Samanta, B., Bhattachergee, A. (1999). Statistical Quality Control: A multivariate Approach. *Mineral Resources Engineering*, Vol 8, No.2, pp 227-238.

Sargent, J., Matthews, L. (2008). China versus Mexico in the Global EPZ Industry: Maquiladoras, FDI Quality, and Plant Mortality. *World Development*, Vol. 37, pp. 1069–1082.

- Sheu, S., Tai, S. (2006). Generally weighted moving average control chart for monitoring process variability. *International Journal of Advanced Manufacturing and Technology* Vol. 30, pp: 452–458.
- Shewart, W. A. (1931). *Economic control of quality of Manufactured Product*. New York: Van Nostrand. Recuperado a partir de [http://books.google.com/books?id=EoynRAI0Po4C&printsec=frontcover&dq=shewhart&hl=es&ei=hyRkTsm\\_K9G1twewvoiMCg&sa=X&oi=book\\_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CC8Q6wEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=EoynRAI0Po4C&printsec=frontcover&dq=shewhart&hl=es&ei=hyRkTsm_K9G1twewvoiMCg&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CC8Q6wEwAA#v=onepage&q&f=false)
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source inspection and Poka-Yoke System*. Portland: Productivity Press.
- Slack, N., Lewis, M. (2008). *Operations Strategy*. Segunda Edición. Edinburgh: Pearson Education Limited.
- Stamatis, D. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. Milwaukee, USA: American society for Quality, Segunda Edición. 459 p.
- Starkey, M., Aughton, J., Brewin, R. (1997). Extending process thinking: design of experiments in sales and marketing. *The TQM Magazine*. Volume 9 · Number 6 · pp. 434–439.
- Taguchi, G., Subir, C., Taguchi, S. (1999). *Robust Engineering*. New York: McGraw-Hill. 225p.

Thompson, J., Koronacki, J. (2002). *Statistical Process Control. The Deming paradigm and Beyond*. Segunda Edición. Boca ratón, Florida: Chapman & Hall/CRC.

Topalidou, E., Psarakis, S. (2009). Review of multinomial and Multivariate Quality Control Charts. *Quality and Reliability Engineering International*. Vol 25, pp. 773-804.

Tsagaroulis, T., Hamza, B. (2008). *Kernel Locally Linear Embedding Algorithm for Quality Control* Concordia Institute for Information Systems Engineering Concordia University, Montreal, QC, Canada.

Utley J., May, G. (2009). Monitoring service quality with residuals control charts. *Managing Service Quality*. Vol. 19 No. 2.

Walton, M. (1986). *The Deming management method*. New York: Dodd, Mead.  
Recuperado a partir de  
[http://books.google.com/books?id=4tPlxq76ssYC&printsec=frontcover&dq=DEMING&hl=en&ei=iR1kTqD5KtDRiALGwP3QCg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=5&ved=0CD4Q6AEwBA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=4tPlxq76ssYC&printsec=frontcover&dq=DEMING&hl=en&ei=iR1kTqD5KtDRiALGwP3QCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=5&ved=0CD4Q6AEwBA#v=onepage&q&f=false)

Wang, T., Chen, L. (2002). Mean shifts detection and classification in multivariate process: a neural fuzzy approach. *International Journal of Intelligent Manufacturing*. Vol 13. pp. 213- 221.

Woodall, W., Ncube, M. (1985). Multivariate CUSUM Quality-Control Procedures. *Technometrics*, Vol. 27, No. 3, pp. 285-292.



Zambrano, A., López, H. (2010). Evaluación de la efectividad del método de Murphy para la interpretación de señales en el gráfico de control multivariado T2. Revista Tumbaga: Universidad del Tolima Colombia. No. 1, Vol. 5, pp. 211-224.

Zare Mehrjerdi, Y. (2010). Quality Function Deployment and its Profitability Engagement: A Systems Thinking Perspective. International Journal of Quality & Reliability Management, 27(6).

Zertuche, F., Cantú, M., Piña, M. (2007). Sistema de control multivariado no paramétrico de procesos. Revista Cultura Científica y Tecnológica. No. 21.