

Se entiende por calidad, la capacidad de repago que tiene el cliente, y que hemos cuantificado a través de la probabilidad de incumplimiento. El otro parámetro clave es la cantidad del riesgo, el cual mide la exposición y que se mide como el valor actual de los flujos que se devengarán durante el periodo de la financiación.

Según los nuevos enfoques del riesgo de crédito expuestos por Galicia, dicho concepto se puede analizar en tres dimensiones, que conllevan a las pérdidas por incumplimiento y ellas son:

- Riesgo de incumplimiento
- Riesgo de exposición
- Riesgo de recuperación

Se denomina incumplimiento cuando un pago programado no se ha realizado en un período determinado, el incumplimiento suele estar motivado por un retroceso en la solvencia de los agentes prestatarios relacionados con problemas de liquidez, pérdidas continuadas e incluso quiebras o por disminución de los ingresos, aumento de las tasas de interés y también puede producirse por ausencia de voluntad de pago.

La probabilidad de incumplimiento depende de múltiples factores relacionados directamente con el crédito en si mismo y con el perfil del solicitante, al igual que con variables exógenas. El objetivo del análisis de Riesgo de Incumplimiento consiste en maximizar la relación Riesgo – Rentabilidad.

El riesgo de exposición se genera por la incertidumbre respecto a los montos futuros en riesgo, cuando no se conoce al plazo de liquidación y se dificulta la estimación de los montos en riesgo.

En relación al riesgo de recuperación, en el momento de un incumplimiento la recuperación no se puede predecir, ya que depende del tipo de incumplimiento y de las garantías presentadas, las cuales aunque minimizan el riesgo, también generan

incertidumbre, además deben considerarse los aspectos legales que conlleva un proceso de recuperación y la posibilidad de que dicha diligencia legal no resulte efectiva.

Es así como las instituciones financieras deben contar con una buena organización administrativa y contable, soportada en procedimientos de control interno adecuados que garanticen la gestión sana y prudente de la entidad.

Recientemente viene observándose una nueva orientación en la normativa prudencial de las entidades de crédito, en virtud de la cual el uso de modelos internos de gestión de riesgos bien fundamentados y verificados, tendrá efectos tanto para la valoración contable de los activos o compromisos sujetos a riesgo de crédito (cálculo de las provisiones) como para la determinación de los recursos propios necesarios para cubrir determinados riesgos de la actividad bancaria (crédito, mercado y operacional). Esta tendencia se concreta en iniciativas, tales como el Acuerdo de Capital (Basilea II) el cual prevé, en el desarrollo del denominado Pilar 1, que las entidades puedan llegar a utilizar sus propios procedimientos internos a través de métodos de cálculo avanzados que permitan medir las necesidades de recursos propios, no solo para el riesgo de mercado, como está previsto actualmente, sino también para el riesgo de crédito.

Es así como algunas instituciones tienen implantados modelos internos de riesgo de crédito integrados en su gestión y basados en sistemas de calificación (rating) o puntuación (scoring). Son frecuentes los sistemas de este último tipo, que tradicionalmente se han venido utilizando para autorizar o denegar operaciones; en entidades de mayor tamaño los modelos internos de riesgo de crédito se implementan con el objeto de que sus resultados puedan llegar a ser utilizados en el futuro para el cálculo de sus recursos propios necesarios, se prevé también que las entidades estimen sus provisiones mediante métodos de cálculo basados en su propia experiencia de impagos y en las expectativas de pérdidas por categorías homogéneas de riesgos. Estos métodos de cálculo deben formar parte de un sistema adecuado de medición y gestión del riesgo de crédito, usando una base de datos histórica que abarque un ciclo económico completo.

Entre las ventajas de la adopción de herramientas estadísticas para la medición del riesgo de crédito se encuentra que se incentiva la adopción de las mejores técnicas de gestión, promoviéndose que las entidades desarrollen cuanto antes modelos internos que puedan ser utilizados a distintos efectos: gestión del riesgo de crédito, fijación del precio de las operaciones, cálculo de las provisiones, cálculo del capital económico, implantación de enfoques de rentabilidad ajustada al riesgo (Return On Risk Adjusted capital, RORAC) y, en un futuro, cálculo de requerimientos de recursos propios mínimos por riesgo de crédito.

Entre los requisitos, tanto cuantitativos como cualitativos, que deben tenerse en cuenta en el diseño e implantación de los modelos internos se resalta:

- La responsabilidad de la elección del modelo es de la entidad.
- La alta dirección debe tener una participación activa en la revisión y aprobación de las estrategias y políticas del riesgo de crédito.
- Debe existir una adecuada estructura de control del riesgo de crédito basada en una correcta segregación de funciones.
- El sistema debe estar integrado dentro de la estructura general de control del riesgo de crédito y ser utilizado, al menos, para la selección de operaciones.
- Los procedimientos de concesión de créditos y el sistema de medición deben estar adecuadamente documentados en manuales.
- La entidad debe contar con sistemas informáticos y de información de gestión adecuados para identificar, medir, controlar y seguir el riesgo de crédito.
- La entidad ha de contar con un informe previo de la auditoría interna sobre el modelo, manifestando una opinión positiva sobre la coherencia e integridad de las bases de datos de las que se haya obtenido la información para diseñarlo.

Los sistemas de puntuación (scoring) o calificaciones (rating) que utilizan las entidades no están debidamente integrados en su gestión del riesgo y, en algunos casos, son empleados solamente para facilitar información a los analistas de riesgos.

En todo caso deben tenerse muy claras las políticas de crédito, bajo una descripción detallada de los lineamientos a seguir en la toma de decisiones para el logro de los objetivos, este debe contener como mínimo:

- Condiciones del crédito (o de las líneas de crédito): actividades a financiar, montos mínimos y / o máximos, plazo, forma de pago, tasas de interés corriente y de mora.
- Mercado objetivo: perfil del cliente.
- Parámetros (políticas) para determinar el precio del crédito (tasa de interés) y periodicidad de su revisión.
- Política comercial y estrategia de negocio
- Política de límites de exposición crediticia y de pérdida tolerada
- Política de otorgamiento
- Políticas de garantías
- Política de provisiones
- Políticas de seguimiento
- Política de recuperaciones
- Políticas sobre reestructuraciones y su tratamiento en el SARC
- Política de revelación de información sobre los niveles de riesgo del portafolio de créditos a nivel externo e interno
- Políticas de revisión y ajuste
- Políticas de incentivos y ética

Además debe tenerse presente el manual de procedimientos o Reglamento, el cual corresponde a la expresión analítica de los procedimientos administrativos a través de los

cuales se canaliza la actividad operativa del organismo. Es una guía (como hacer las cosas) de trabajo para el recurso humano de la entidad y se utiliza para orientar al personal de nuevo ingreso. Su implementación sirve para aumentar la certeza de utilización de los sistemas y procedimientos administrativos prescritos. Debe Contener:

- Disposiciones Generales.
- Modalidades y Líneas de Crédito.
- Requisitos generales para el acceso al crédito (características especiales del sujeto de crédito).
- Garantías.
- Morosidad.
- Simultaneidad de préstamos vigentes.
- Niveles de aprobación, comité de crédito.
- Niveles de supervisión, administración de cartera, castigos.
- Niveles de endeudamiento permitido por grupos de afinidad.
- Documentos requeridos para estudiar la solicitud de crédito.
- Procedimiento para la aprobación. Modalidades y Líneas de Crédito.

Para concluir han de considerarse unos aspectos clave en un proceso de otorgamiento de crédito a fin de mitigar el riesgo, tales como.

- Capacidad de pago, analizada a través de:

Ingresos y Egresos del deudor

Flujo de caja.

Centrales de riesgo.

- Solvencia del deudor

Nivel de endeudamiento y respaldo patrimonial de sus obligaciones, sin embargo alto patrimonio no implica buena capacidad de pago.

- **Moralidad comercial**

Se puede definir como la intención de la persona a pagar el crédito, cuando se cuenta con buenos historiales de crédito en las centrales de riesgo y en la misma Entidad Financiera se tiene un método de evaluación mucho más objetivo que las referencias personales o comerciales.

Se debe estudiar el historial crediticio de manera detallada, con el propósito de identificar las razones de incumplimientos, y lo más importante, si ya cumplió con sus obligaciones, la manera como realizó el pago

- **Las garantías Admisibles:**

Hipotecarias	Valor de mercado (avalúo)
Prendarias	Celeridad y costos de realización
Aportes sociales	Cuando el monto del crédito > 100%

- **Otras Garantías:**

Firma personal, firma de codeudor, aportes sociales, etc.

La modelización del riesgo de crédito no solo ha de incluir el planteamiento como el suceso desfavorable por el incumplimiento en el pago, si no que debe considerar sucesos relevantes como los cambios en la calidad crediticia de los diferentes acreditados aún sin producirse el incumplimiento.

5.2 NORMATIVIDAD LEGAL RIESGO DE CRÉDITO

Las entidades han desarrollado modelos internos, y seguirán haciéndolo en el futuro, para cubrir sus propias necesidades de gestión, con independencia de cuáles sean en cada momento las exigencias normativas al respecto. Hasta ahora, estas exigencias se han referido principalmente a aspectos cualitativos y han sido de tipo general, aunque han dado suficiente apoyo a la función supervisora. En Colombia estamos en un proceso de culturización motivado inicialmente por el cumplimiento a la normatividad que se exige a

través de la Superintendencia Financiera, adicionalmente, la adecuada gestión de riesgo de crédito se convierte en una herramienta útil para la toma de decisiones y en un instrumento que permite diseñar modelos y estrategias para prever el comportamiento de pago de los clientes y optimizar el manejo de cartera.

Con el afán de implementar un sistema moderno de supervisión integral y preventivo, que responda a las exigencias que impone el actual dinamismo de los negocios financieros, y para garantizar la transparencia en el desarrollo y funcionamiento del sector bancario, se han adoptado diversos acuerdos, tales como los que a continuación se enuncian.

5.2.1 ACUERDO DE BASILEA II

Entrada la década de los ochenta, llamada la década perdida de América Latina, muchos bancos norteamericanos poseían excedentes en dólares, llamados comúnmente petrodólares, para ser colocados fuera de su país, haciendo y dispersando préstamos con intereses blandos en cientos de empresas y entidades financieras de casi toda América Latina. Simultáneamente a esto, la banca europea efectuaba en forma conservadora préstamos para proyectos en la región. A mediados de los años ochenta, se aglomeraron los más importantes bancos de Europa Occidental para crear desde la ciudad de Basilea, Suiza, las primeras normas tendientes a fortalecer las instituciones financieras. Que ya tenían un primer apoyo desde el año 1974, cuando los gobernadores del G-10 (de los diez grandes bancos centrales europeos) crearon el Comité de Supervisión Bancaria de Basilea con el fin de mejorar la colaboración entre las autoridades de supervisión bancaria.

El comité de Basilea se constituyó como un foro de debate para la resolución de problemas específicos de supervisión y garantizar un mejor control de las actividades bancarias, que con el paso del tiempo terminaron siendo normas de supervisión en todo el mundo, que dio las pautas para desarrollar el 1º acuerdo de Basilea en el año 1988, acuerdo en el cual se establecía que los bancos deben mantener un volumen de capital que, por lo mínimo, sea del 8% del valor total de sus activos, ponderado por su nivel de riesgo.

En 1994 reventó una crisis financiera que hizo que muchos de los bancos norteamericanos, pequeños y medianos, que prestaron dinero por toda América Latina, se fueron al traste, siendo absorbidos por bancos más grandes y teniéndose que negociar las liquidaciones de los préstamos con emisiones de bonos denominados Brady, por el antiguo Secretario del Tesoro de los Estados Unidos llamado James Brady, quien les dio respaldo para poder recuperar, a mediano y largo plazo, las colocaciones efectuadas. De ahí, el famoso y sonado efecto tequila de la quiebra de bancos en México y Venezuela, país en el cual quebraron más de 16 bancos, con una pérdida superior a US\$ 8.000.000.000 en bonos de la República.

Después de la crisis de 1994, ya los bancos fueron capitalizándose aceleradamente para soportar en 1997 la crisis financiera asiática al igual que la crisis rusa, brasilera y de Turquía.

El acuerdo de Basilea ha jugado un papel importante en el fortalecimiento de los sistemas bancarios. La repercusión de ese acuerdo, en cuanto al grado de homogenización alcanzado en la regulación de los requerimientos de solvencia ha sido extraordinaria. Basilea I ha sido diseñado para bancos con actividad internacional y para los entonces 11 países representados en el Comité de Basilea, más de 130 países lo han adoptado. Además, cuenta con el reconocimiento del Fondo Monetario Internacional y del Banco Mundial como buena práctica internacional. Y en los mercados emergentes, como los de América Latina y Asia, que a menudo se enfrentan a situaciones de mayor volatilidad, las normas sólidas sobre adecuación de capital son probablemente aún más importantes.

Este acuerdo está dirigido a mejorar la seguridad en el sistema financiero, haciendo mayor énfasis en los controles internos, generando modelos y procesos de administración de riesgos, adicionales a los procesos de revisión regulatoria y disciplina del mercado. La consolidación de actividades financieras en conglomerados liderados por una sociedad controladora, ha vuelto imperioso el establecimiento de medidas que ayuden a fortalecer los procesos de supervisión bancaria. El Acuerdo de Basilea sirve como base para las instituciones financieras, incluyendo las empresas de ahorro y crédito, y su objetivo es determinar requerimientos de capital y asegurar un nuevo nivel adecuado de capital en los sistemas bancarios.

Con el afán de asegurar un nivel adecuado de capital en los sistemas bancarios, El Comité de Supervisión Bancaria de Basilea innovó el contenido del Acuerdo de Capital, conocido como Basilea II, El nuevo marco regulatorio se basa en tres pilares complementarios entre sí: requerimientos mínimos de capital para cubrir riesgos de crédito, de mercado y operacionales; la revisión por parte del supervisor de los procesos internos, por lo que cada entidad determina la adecuación de su capital a los riesgos asumidos y la transparencia en la información facilitada al mercado para que éste puede ejercer correctamente una función disciplinaria.

Con la introducción de dos pilares adicionales el objetivo es volver más balanceado el proceso de estimación de capital. El documento establece la cobertura que los bancos deben otorgar a los riesgos derivados de su cartera de negociación y al tratamiento del riesgo de fallido simultáneo por parte del prestatario y de su garante. Además, el Nuevo Acuerdo de Basilea también ha dispuesto en sus innovaciones que los bancos que posean capacidades avanzadas para el manejo de riesgo, podrán utilizar sus sistemas internos de evaluación de riesgo crediticio y como tercer pilar, se permite a los bancos usar calificaciones emitidas por reconocidas calificadoras de riesgo para clasificar a sus propios deudores.⁵

En ese marco, el Comité de Basilea para la Supervisión Bancaria ha decidido reforzar su acuerdo inicial de requerimiento de capital mínimo, con la introducción de dos nuevos pilares, para volverlo más sensible al riesgo crediticio. Los requerimientos de cada uno de los pilares mencionados están sustentados en los aspectos siguientes:

5.2.1.1 PRIMER PILAR: MEDICIÓN DE RIESGOS INTERNOS

El primer pilar del Acuerdo se ha centrado en mejorar los enfoques de medición de riesgo, dichos enfoques apuntan hacia la medición del riesgo crediticio, de mercado y el operativo.

⁵ DIARIO DE HOY. El Salvador del 26 al 28 de Agosto de 2002

En cuanto respecta al enfoque para medir el riesgo crediticio, este se encuentra basado en las calificaciones internas que están sujetas a estándares metodológicos y de divulgación establecidos por el Comité de Basilea.

Con este enfoque, el supervisor permitirá que los bancos usen sus calificaciones internas de los deudores para estimar el riesgo crediticio en sus portafolios. se plantean categorías para la ponderación del riesgo crediticio. Adicionalmente, el banco estimará la calidad crediticia de cada deudor, y con ello estimará una cantidad potencial de pérdida la cual formará la base de los requerimientos de capital.

5.2.1.2 SEGUNDO PILAR: PROCESO DE SUPERVISIÓN

El pilar de procesos de supervisión remarca la importancia de que la Administración del banco desarrolle un proceso para estimar el capital interno de la institución, y establezca metas de capital coherentes con el perfil de riesgo y el ambiente de control del banco. Con el espíritu del segundo pilar, el supervisor debe asegurarse de que cada banco tenga procesos sólidos para estimar la suficiencia de capital, basado en una evaluación global de sus riesgos.

El pilar del proceso de supervisión puede ser usado para ajustar los requerimientos de capital y activos, y para definir qué enfoque debe o puede tomar un banco para estimar el capital interno compatible con el riesgo que presente la institución. El establecimiento del elemento de la supervisión obedece a la preocupación referente a nivelar las reglas del juego entre los distintos supervisores, debido al empleo de diferentes estándares de medición del riesgo.

5.2.1.3 TERCER PILAR: DISCIPLINA DE MERCADO

La disciplina de mercado enfatiza la divulgación para asegurar que los participantes del mercado puedan entender los perfiles de riesgo de los bancos y la suficiencia del capital.

La divulgación se complementa con información cualitativa y cuantitativa referente al uso de modelos de riesgo crediticio, sobre tasas de incumplimiento acumuladas de acuerdo con

calificaciones previamente establecidas, y datos de comparación entre el requerimiento mínimo de capital, el capital económico y el capital real.

A través de estos pilares enunciados el acuerdo de Basilea pone mas énfasis en metodologías de medición de riesgo internas de los bancos, supervisión y disciplina de mercado, creando un menú de enfoques e incentivos para el adecuado manejo de riesgos y, en fin, volver el Acuerdo más sensible al riesgo y asegurar un nivel adecuado de capital bancario.

Las implicaciones de mercado que traerá la implementación del Nuevo Acuerdo de Capital comenzarán por una mayor transparencia en la información sobre el riesgo crediticio, se incrementará la documentación para los deudores, y también se incrementará la diversificación del balance a través de actividades de seguro, de igual manera implicará la evolución de estándares de riesgo operativo, la expansión de estándares para riesgo crediticio a instituciones no bancarias que tengan exposiciones crediticias, y una posible fusión a largo plazo de estándares regulatorios funcionales.

Todo el proceso de creación del Nuevo Acuerdo de Capital, deja como conclusión principal que está ocurriendo un cambio de paradigmas y que algunos costos de corto plazo son garantizados debido al riesgo de medición y los beneficios de la administración. Habrá también implicaciones regulatorias, destacando en primer lugar la definición de nuevas reglas para provisionar, reglas para el manejo de la liquidez, posibles cambios en los estándares de contabilidad y nuevos estándares para la banca electrónica y de finanzas.

5.2.2 LA SUPERINTENDENCIA BANCARIA EN MATERIA DE RIESGO DE CRÉDITO (Estatuto Orgánico del Sistema Financiero circular externa 088/2000)

En el capítulo XX, denominado “Parámetros mínimos de administración de riesgos que deberán cumplir las entidades vigiladas para la realización de sus operaciones de tesorería”, se contemplan algunas disposiciones relacionadas con la presente investigación así:

Las políticas de medición y control de riesgos deben cubrir todos los riesgos inherentes al negocio de tesorería. Esto es, deben existir estrategias, políticas y mecanismos de medición y control para los riesgos de crédito y/o contraparte, mercado, liquidez, operacionales y legales.

La gestión del riesgo de crédito y/o contraparte de las actividades de tesorería debe integrarse con la gestión de riesgo crediticio global de la entidad y ser coherente con ésta.

La Junta Directiva y la Alta Gerencia de la entidad, independientemente de sus otras responsabilidades, deben garantizar la adecuada fijación de límites para la toma de riesgos. Esto implica que los cupos y límites fijados para las actividades de tesorería deben ser consistentes y complementarios con los cupos y límites establecidos para del portafolio de créditos y demás productos semejantes o complementarios.

La Alta Gerencia de la entidad debe establecer límites tanto a pérdidas máximas como a niveles máximos de exposición a los diferentes riesgos. Estos límites deben ser consistentes con la posición de patrimonio técnico de la entidad y específicamente con el capital asignado al área de tesorería.

Las entidades vigiladas deben tener un sistema manual o automático para la medición, monitoreo, control y gestión de riesgos, deberán mantener en todo momento y a disposición de esta Superintendencia la siguiente documentación:

- Las actas de los comités de riesgos
- Las metodologías de medición de riesgos
- Los reportes elaborados por el área de control de riesgos sobre el cumplimiento de límites y los niveles de exposición a los diferentes riesgos.

5.2.3. SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DEL RIESGO DE CRÉDITO SARC, EN EL SISTEMA FINANCIERO COLOMBIANO

A partir del primer semestre del año 2002, la Superintendencia Bancaria presenta una reglamentación donde exige a las entidades financieras la puesta en marcha de un sistema de administración de riesgos, definiendo políticas claras y precisas sobre dichos procesos para la evaluación, calificación, cubrimiento y control de las gestiones correspondientes.

El reto planteado es el desarrollo del mercado financiero y generalizar prácticas de administración de riesgo, incorporando un enfoque prospectivo y la constitución de las correspondientes provisiones, la utilización de recursos conceptuales, estadística y tecnológica para la producción de bases de información. Las entidades vigiladas deben vincular estructuras directivas y ejecutivas apropiadas para la administración del riesgo de crédito, asignar recursos humanos, técnicos y físicos para el adecuado desarrollo del SARC además de asignar las correspondientes responsabilidades y atribuciones.

Las entidades vigiladas deben conformar estructuras consistentes con la normativa y con los objetivos estratégicos y con el marco normativo. Una de las características del SARC es el uso de información histórica sistematizada y su análisis mediante técnicas estadísticas para determinar el comportamiento de las operaciones crediticias actuales y potenciales.

Uno de los procesos de evaluación es la definición de incumplimiento, siendo la definición de un nivel crítico sobre el cual no resulta rentable asumir mayor riesgo crediticio, dadas las características particulares de la Institución.

El análisis crediticio debe hacerse bajo un proceso ordenado, sistemático y ágil de la información que debe cumplir con características de calidad, disponibilidad y relevancia, deben diseñarse e implementarse procesos y procedimientos específicos tendientes a garantizar el cumplimiento de las características requeridas de las bases de datos.

Se hace un análisis sobre los procedimientos para la evaluación del proceso de otorgamiento (análisis, aprobación, estructuración y desembolso), el cual es determinante de la calidad de los activos crediticios haciendo énfasis en que el proceso de otorgamiento no se agota en el cálculo de probabilidad de incumplimiento y la comparación con el nivel crítico de incumplimiento aceptable por la entidad, es entonces necesario solicitar información suficiente para determinar la capacidad de pago y un análisis cuidadoso de las garantías que respaldan el crédito, teniendo presente que ninguna garantía es suficiente frente a la evaluación o para compensar las limitaciones de evaluación y tener claramente definidas las políticas de cupos de endeudamiento y límites de riesgo.

Adicionalmente el SARC requiere procesos de seguimiento y evaluación para determinar eventuales cambios en la pérdida esperada y la gestión del riesgo debe permitir la recuperación de cartera a través de estrategias para asignación y cobro de cartera morosa y el establecimiento de procesos y procedimientos de cobranza en cada uno de los segmentos de cartera, generando a la vez indicadores de gestión en los procesos de recuperación.

Las entidades deben incorporar los modelos para la estimación del riesgo de crédito, lo cual ayudará a la toma de decisiones para constituir provisiones oportunas y suficientes. Se tienen que superar los criterios Ad hoc empleados históricamente y sustituirlos por técnicas estadísticas, donde se evaluarán la consistencia, calidad, eficiencia y estabilidad de los modelos a través de los procesos de selección y transformación de variables, pruebas de bondad de ajuste y capacidad discriminante.

5.3 MODELOS PARA CALCULAR PROBABILIDAD DE INCUMPLIMIENTO

5.3.1. MODELO DE REGRESION LINEAL

El sentar bases para el planteamiento de modelos internos que las entidades financieras están llamadas a desarrollar, debe ser impulsado por la investigación y el desarrollo, identificando elementos probabilísticos de Riesgo de crédito y adaptando modelos ya aceptados; la importancia del riesgo de crédito está enmarcada en términos de las pérdidas

potenciales que pueda implicar un inadecuado manejo. Con el objetivo de cubrir las necesidades de medidas cuantitativas y objetivas que permitan acometer una gestión precisa, las herramientas y técnicas aplicadas en el crédito, han buscado apoyo en metodologías matemáticas y estadísticas, las cuales han permitido la elaboración de los llamados modelos de calificación crediticia.

El resultado que se exige a estos modelos, es la evaluación de la cartera de clientes actuales y de clientes potenciales en términos de capacidad de pago mediante la asignación de una calificación crediticia. La aportación de los modelos matemáticos y estadísticos para responder a estas cuestiones, ha sido su capacidad para obtener los patrones que asocian clasificación crediticia y fundamentos económicos.

El desarrollo del modelo exige un laborioso proceso de determinación y tratamiento de la muestra sobre la que se va a aplicar el modelo, junto con la definición de las variables explicativas del modelo y la medida de su peso o determinación de su importancia. El último paso en la obtención del modelo, es el calculo para cada nivel de probabilidad de que el cliente no haga frente a sus obligaciones, y que se conoce como la probabilidad de incumplimiento. Esta fase del desarrollo se la conoce como calibrado y permite, a través de la información histórica de la compañía, calcular las clasificaciones crediticias de los clientes durante periodos anteriores, así como los incumplimientos producidos durante esos periodos.

Paralelamente, la elaboración del modelo requiere de una sistemática precisión y mejora de la información de clientes que sirve para la puesta a punto de las bases de datos internas. El proceso conlleva por tanto, la revisión, actualización y, en muchos casos, la ampliación con nuevos datos de las bases de datos de clientes. Este hecho, además de ser un requisito para la elaboración del modelo, enriquece la información base para la gestión óptima del conjunto de procesos crediticios.

Bajo las anteriores situaciones y aplicando las técnicas econometricas a la situación que interesa estudiar, se puede definir un modelo en donde la variable explicada sea el no pago

y a la cual se deben considerar diferentes variables que tiendan a explicar ese comportamiento.

La forma general el modelo se presenta así:

$$\gamma = \chi\beta + \varepsilon$$

que también se escribe como:

$$\gamma = \beta_0 + \beta_1\chi_1 + \beta_2\chi_2 + \dots + \beta_k\chi_k + \varepsilon$$

Donde γ es la variable que expone el no pago y las χ son las distintas variables que se suponen relevantes para explicar γ . El vector β denota una lista de parámetros que recogen la magnitud con que las variaciones en los valores de las variables χ se transmiten a variaciones en la variable γ .

El modelo de regresión lineal general, viene expresado en forma matricial de la siguiente manera⁶:

$$Y = \begin{bmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \vdots \\ \gamma_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & \chi_{11} & \chi_{12} \dots & \chi_{1k} \\ 1 & \chi_{21} & \chi_{22} \dots & \chi_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \chi_{n1} & \chi_{n2} \dots & \chi_{nk} \end{bmatrix} \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

por lo tanto, la ecuación estimada de regresión es

$$\hat{\gamma} = X\beta$$

⁶ CANAVOS, George. Mc Graw Hill. México. 1998

donde el vector $\hat{\gamma}$ de $n \times 1$ contiene los valores estimados para la respuesta promedio correspondientes a los n puntos de observación de las variables de predicción. La diferencia entre los vectores $\hat{\gamma}$ y γ proporciona el vector de residuos.

El interés se centra en la estimación de los correspondientes valores numéricos de los coeficientes del modelo de regresión. (Vector de parámetros β)

La variable γ recibe el nombre de variable dependiente o endógena y X es la matriz de valores observados para cada una de las variables independientes, las cuales reciben el nombre de variables explicativas o exógenas. Los coeficientes $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$ se denominan parámetros del modelo.

Antes de determinar el proceso que se debe seguir para definir el modelo es necesario tener en cuenta los siguientes supuestos cuyo cumplimiento o no, validan o invalidan el modelo calculado.

5.3.1.1 SUPUESTOS

1. Linealidad en las variables: En algunos casos el supuesto de que la determinación de la probabilidad de incumplimiento a partir de valores como el monto del crédito otorgado (por ejemplo) es altamente restrictiva, pues se cree que el modelo es no lineal.
2. Linealidad en los parámetros: Situación en que los parámetros beta entran en la relación entre variable dependiente e independientes de modo lineal.
3. Esperanza matemática nula: Se supone que la esperanza matemática del término de error e del modelo es cero
4. Homocedasticidad o varianza constante: Se supone que la varianza del término de error, es constante a lo largo de todas las observaciones muestrales.

5. Ausencia de auto correlación. Se supone que los términos de error correspondientes a dos observaciones muestrales cualesquiera, que son dos variables aleatorias diferentes, son estadísticamente incorrelacionadas.
6. Estabilidad temporal: otro supuesto es que sus coeficientes β_0 y β_1 son constantes en el tiempo; igualmente, se cree que el modelo es el mismo para todas las observaciones muestrales.
7. Causalidad unidireccional: Se supone que existe una relación causal desde la variable explicativa χ hacia la variable endógena γ , cambios en χ influyen sobre cambios en γ , pero no al revés.
8. Variables explicativas determinísticas: El modelo incorpora el supuesto, claramente restrictivo, acerca de que la variable explicativa χ es determinista. La variable endógena γ no lo es, pues depende de la evolución de una variable aleatoria: el término del error del modelo, e

5.3.1.2 ESPECIFICACIÓN DEL MODELO LINEAL DE PROBABILIDAD

Suponga que se desea considerar la ocurrencia de un evento como "la probabilidad de no pago de un tenedor de crédito"; para describir este evento, definiremos la variable aleatoria dicotómica γ , la cual tomará el valor de 1 si el evento ocurre y 0 si no ocurre. De igual forma, deberemos asumir que la probabilidad del evento, depende sobre un vector de variables independientes χ y un vector de parámetros desconocidos β . De esta forma, un modelo general dicotómico univariado, se puede expresar como:

$$\gamma = \beta_0 + \beta_1\chi_1 + \beta_2\chi_2 + \dots + \beta_k\chi_k + \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

La primera tentativa teórica desarrollada para estudiar modelos con variables dicotómicas se planteo como una mera extensión del modelo lineal general, que se expresa de la forma descrita anteriormente.

La distribución de la muestra en este tipo de modelos, se caracteriza por configurar una nube de puntos de tal manera que las observaciones muestrales se dividen en dos subgrupos. Uno de ellos está formado por las observaciones en las que ocurrió el acontecimiento objeto de estudio ($\gamma_i = 1$), y el otro, por los puntos muestrales en los que no ocurrió ($\gamma_i = 0$).

El modelo lineal de probabilidad se puede interpretar en términos probabilísticas, en el sentido de que un valor concreto de la recta de regresión mide la probabilidad de que ocurra el acontecimiento objeto de estudio. γ_i , se puede considerar como la estimación de la probabilidad de que ocurra el acontecimiento objeto de estudio, siguiendo el siguiente criterio: valores próximos a cero se corresponden con una baja probabilidad de ocurrencia del acontecimiento analizado (menor cuanto más próximos a cero); mientras que a valores próximos a uno se les asigna una probabilidad elevada de ocurrencia (mayor cuando más próximos a uno).

La interpretación de los coeficientes estimados en los modelos lineales de probabilidad (MLP), es la misma que la del modelo lineal general, recogiendo el valor del parámetro el efecto de una variación unitaria en cada una de las variables explicativas sobre la probabilidad de ocurrencia del acontecimiento. Así, si se produce un incremento de una unidad en la variable explicativa x_k , este aumento provocaría una variación igual a β_k en la probabilidad.

Para determinar los valores $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \dots, \hat{\beta}_k$, se emplea un procedimiento conocido como método de los mínimos cuadrados. Este nombre obedece al hecho de que con su aplicación, se hace mínimo el cuadrado de los errores, por lo que se obtiene el mejor ajuste lineal de todos los posibles que se podían generar.

Los parámetros para cada uno de los modelos son calculados mediante el empleo de un conjunto de ecuaciones que se denominan ecuaciones normales, las cuales vienen dadas de la siguiente manera:

$$\sum Y_i = n\hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 \sum X_{2i} + \hat{\beta}_3 \sum X_{3i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum X_{ki}$$

$$\sum Y_i X_{2i} = \hat{\beta}_1 \sum X_{2i} + \hat{\beta}_2 \sum X_{2i}^2 + \hat{\beta}_3 \sum X_{2i} X_{3i} + \dots + \hat{\beta}_k \sum X_{2i} X_{ki}$$

$$\sum Y_i X_{3i} = \hat{\beta}_1 \sum X_{3i} + \hat{\beta}_2 \sum X_{2i} X_{3i} + \hat{\beta}_3 \sum X_{3i}^2 + \dots + \hat{\beta}_k \sum X_{3i} X_{ki}$$

⋮

$$\sum Y_i X_{ki} = \hat{\beta}_1 \sum X_{ki} + \hat{\beta}_2 \sum X_{2i} X_{ki} + \hat{\beta}_3 \sum X_{3i} X_{ki} + \dots + \hat{\beta}_k \sum X_{ki}^2$$

La estimación del Modelo Lineal de Probabilidad a través Mínimos Cuadrados Ordinarios MCO no garantiza que los valores estimados de γ_i estén entre 0 y 1, lo cual carece de lógica al interpretarse el valor estimado como una probabilidad. Este problema se soluciona truncando el rango de variación del valor estimado, dando lugar al modelo conocido con el nombre de Modelo Probabilístico Lineal Truncado, y que, para una variable explicada, se expresa de la forma:

$$\gamma_i \begin{cases} 1 & \alpha + \beta_k X_{ki} \geq 1 \\ \alpha + \beta_k X_{ki} & 0 < \alpha + \beta_k X_{ki} < 1 \\ 0 & \alpha + \beta_k X_{ki} \leq 0 \end{cases}$$

5.3.1.3. ANALISIS DE LA VARIANZA (ANOVA)

Considérese la técnica del análisis de varianza para probar la hipótesis nula

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$$

Contra la alternativa

$$H_1 : \beta_j \neq 0 \text{ para } j = 1, 2, \dots, k.$$

Como la hipótesis nula iguala los parámetros de regresión a cero, exceptuando la constante, no existe entonces ninguna relación igual a la especificada por el modelo, entre las variables de predicción y la respuesta. Por lo que se acostumbra decir entonces:

H_0 : Ninguna de las variables tenidas en cuenta es importante para establecer variaciones en la variable dependiente,

H_1 : Por lo menos una variable es importante para establecer variaciones en la variable dependiente.

Argumentando el modelo lineal, puede demostrarse que la suma total de cuadrados⁷ (STC) se encuentra dividida en la suma de cuadrados de la regresión⁸ (SCR) y en la suma de cuadrados

Fuente de variación	Numero de grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados medios	Estadística F
Regresión	$k = m - 1$	$B'X'Y - \frac{(\sum \gamma_i)^2}{n}$	$SCR/(m-1)$	$SCR/(m-1) / SCE/(n-m)$
Error	$n - m$	$Y'Y - B'X'Y$	$SCE/(n-m)$	
Total	$n - 1$	$Y'Y - \frac{(\sum \gamma_i)^2}{n}$		

de los errores⁹ (SCE).

m: Es el número de parámetros estimados aumentados en una unidad por la incidencia del B_0

⁷ Hace referencia a la suma de los cuadrados de la variable dependiente

⁸ Hace Referencia a la suma cuadrática de los valores estimados

⁹ Hace referencia a la sumatoria total de las diferencias cuadráticas de las diferencias de los valores estimados frente a los reales

n: Es el número de observaciones

La varianza residual o $\left[\frac{SCE}{n-m} \right]$ es el cuadrado medio del error y $\left[\frac{SCR}{m-1} \right]$ es el cuadrado medio de la regresión. Bajo la hipótesis nula, la estadística de prueba apropiada es:

$$F = CMR/CME \text{ que tiene distribución F con } (m-1; n-m) \text{ grados de libertad}$$

Si un valor resultante de esta estadística es suficientemente grande, una porción considerable de la variación en las observaciones, puede atribuirse a la regresión de γ sobre las variables de predicción definidas por el modelo. Entonces se rechaza la hipótesis nula siempre que el valor calculado se encuentre en el interior de una región crítica de tamaño α en el extremo superior de la distribución.

\mathfrak{R}^2 es una medida relativa de que tanto las variables de predicción, explican las variaciones de las observaciones y se calcula por la siguiente expresión:

$$\mathfrak{R}^2 = \frac{SCR}{SCT} = 1 - \frac{SCE}{SCT}$$

Otra característica de importancia acerca de este coeficiente es que no presenta unidades, hecho por el cual puede ser expresado en forma porcentual y su valor siempre deberá estar ubicado dentro del siguiente intervalo.

$$0 \leq R^2 \leq 1$$

5.3.1.4 ANÁLISIS SECUENCIAL

Hasta este momento se ha hecho referencia al análisis para determinar si alguna de las variables consideradas es importante para establecer variaciones en e el modelo. Supongamos

que se rechaza la hipótesis nula, es decir, se acepta que por lo menos una variable es importante dentro del modelo, lo que sigue ahora es determinar de las variables analizadas ¿cuál? o ¿cuáles? son importantes para establecer variaciones. Esto se logra con el análisis secuencial.

En primer lugar es importante recordar que el estadístico muestral denotado como T_c y definido como aparece enseguida, sigue una distribución T con $n-2$ grados de libertad, es decir:

$$T_c = \frac{\widehat{\beta}_K - B_K}{\sigma_{\beta_K}} \quad \text{Se Distribuye T con } n-2 \text{ grados de libertad}$$

Donde $\widehat{\beta}_K$ es el coeficiente de regresión obtenido en la muestra

B_K Es el valor del parámetro poblacional del cual se efectúa el contraste

σ_{β_K} Es el error que se comete al estimar el parámetro de regresión poblacional a través del coeficiente de regresión muestral

La prueba del coeficiente del parámetro individual en el modelo de regresión múltiple, viene dada como sigue:

Prueba unilateral

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i < 0 \text{ (o bien } H_1 : \beta_i > 0 \text{)}$$

Medida estadística de prueba

Prueba bilateral

$$H_0 : \beta_i = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0$$

Medida estadística de prueba

$$t = \frac{\hat{\beta}_i}{s\beta_1}$$

$$t = \frac{\hat{\beta}_i}{s\beta_1}$$

Región de rechazo:

Región de rechazo:

$$t < -t_\alpha [n - (k + 1)]$$

$$t < -t_{\alpha/2} [n - (k + 1)]$$

o

o

$$t > t_\alpha [n - (k + 1)]$$

$$t > t_{\alpha/2} [n - (k + 1)]$$

n = número de observaciones

k = número de parámetros β en el modelo, excepto β_0

5.3.2 MODELO LOGIT

Conocida la distribución de un conjunto de individuos entre dos o más grupos, se busca entender la naturaleza de estas diferencias y a su vez la búsqueda de una regla de comportamiento que permita la clasificación de nuevos individuos para los que se desconoce su pertenencia a un grupo. La solución de este problema se puede abordar a través de la técnica de Modelización Logit.

Los supuestos de este modelo de probabilidad, se basa en el hecho de presentar la variable dependiente tomando uno de dos posibles valores, 0 o 1. Lo que interesa es valorar el parámetro y la probabilidad que la variable dependiente sea igual a 1, cuando la relación no sigue un comportamiento lineal, sino que viene dada de la forma como se expresa enseguida::

$$P\left(Y = \frac{1}{X_1 \dots X_K}\right) \quad X = \text{Serie de } K \text{ variables independientes}$$

Se puede asumir en la regresión de mínimos cuadrados ordinarios que Y y X tienen la siguiente relación:

$$P\left(Y = \frac{1}{X}\right) = \exp\left(\sum b_K \dots X_K\right)$$

El modelo Logit permite, además de obtener estimaciones consistentes de la probabilidad de incumplimiento, identificar los factores de riesgo que determinan dichas probabilidades, así como la influencia o peso relativo de éstos sobre las mismas. Adicionalmente estas estimaciones pueden llevarse a cabo a distintos niveles de desagregación, incluyendo el caso de la estimación de probabilidades para el análisis de créditos individualmente considerados. A partir de dicha desagregación se puede calcular el nivel de provisiones requerido a nivel individual y posteriormente tomando en consideración el monto de crédito expuesto, se logra obtener una medición de aprovisionamiento para cada cartera.

Este tipo de modelo arroja como resultado un índice, cuyos determinantes son conocidos, el cual permite ordenar la cartera crediticia. El contar con un ordenamiento de la calidad de la cartera permite a su vez, a partir de algún método de estratificación, el mapear el índice con criterios de clasificación que asocian a cada crédito una calificación. Existen muchos criterios para llevar a cabo la asociación índice - calificación, muchos de ellos con base en índices de muestreo, donde el criterio es puramente estadístico, otros podrían considerarse como subjetivos, lo cual puede resultar conveniente para la institución financiera ya que estos puntos de corte pueden estar asociados a los límites de exposición que la institución estaría dispuesta a asumir.

Para el caso más sencillo de utilizar una única variable explicativa se trata de encontrar la relación que existe entre la variable explicativa y la endógena, donde la función que relaciona ambas variables puede ser una función lineal. Para solucionar los problemas que plantea el modelo lineal de probabilidad se realiza la modelización a través del uso de funciones no lineales que permitan acotar el rango de la estimación. Esto se consigue a

través del uso de cualquier función de distribución. La función logística ha sido comúnmente utilizada y ha dado lugar a la modelización Logit.

La modelización Logit es similar a la regresión tradicional salvo que utiliza como función de estimación la función logística en vez de la lineal. Con la modelización Logit el resultado del modelo es la estimación de la probabilidad de que un nuevo individuo pertenezca a un grupo o a otro, mientras que por otro lado, al tratarse de un análisis de regresión, también permite identificar las variables más importantes que explican las diferencias entre grupos.

Existen distintos tipos de modelos Logit en función de las características que presenten las alternativas que definen a la variable endógena, que es la variable que va a medir el número de grupos existentes en el análisis, para el presente estudio se trabajará con el modelo Logit dicotómico.

5.3.2.1 MODELO LOGIT DICOTÓMICO

Se utiliza cuando el número de alternativas son dos y excluyentes entre sí. Presenta las siguientes características principales:

Variable endógena binaria: Identifica la pertenencia del individuo a cada uno de los grupos analizados: Se identifica con un 1 al individuo que pertenece al grupo cuya probabilidad de pertenencia estimará el modelo. Se identifica con un 0 al individuo que no pertenece al grupo objeto de análisis.

Variables explicativas: Son las variables que sirven para discriminar entre los grupos y que determinan la pertenencia de un elemento a un grupo u otro. Pueden ser: Variables cuantitativas que un campo de variación entre $-\infty$ hasta $+\infty$. Variables cualitativas con distintas alternativas u opciones posibles.

Resultado del análisis: El resultado es un valor numérico que indica la probabilidad de pertenencia de un elemento al grupo que se le asignó el valor 1, es decir, el grupo objeto de análisis.

5.3.2.2 FORMA DEL MODELO

La variable explicada (Y) en este caso es una variable dicotómica, que puede tomar solamente dos valores a saber: 1 representa incumplimiento en el pago de un crédito y 0 el hecho de que el crédito sea debidamente cancelado, por lo que se tendría entonces lo siguiente:

$$Y_i = \frac{1}{1 + e^{-\alpha - \beta_2 X_{2i}}} + \varepsilon_i = \frac{e^{\alpha + \beta_2 X_{2i}}}{1 + e^{\alpha + \beta_2 X_{2i}}} + \varepsilon_i$$

Para determinar cuales de las variables en el modelo no son importantes para determinar variaciones en la variable dependiente, se debe calcular la estadística de Wald, para lo cual se debe observar la escala de medición de la variable, ya que pueden ocurrir dos situaciones: que sea categórica o no categórica, teniendo para cada uno de los casos lo siguiente:

Si la variable no es categórica,

$$Wald_1 = \frac{\hat{\beta}_1^2}{\hat{\sigma}_A^2}$$

Que tiene distribución chi cuadrado con un grado de libertad

Si la variable es categórica, se tiene:

$$Wald_1 = \hat{\beta}_1^T C^{-1} \hat{\beta}_1$$

Que sigue una distribución chi cuadrado, con grados de libertad igual al número de parámetros estimados

La importancia del estadístico de Wald radica en que a través de él se puede determinar la significancia del parámetro en el modelo y el peso que tiene, lo que se logra al establecer una sencilla prueba de hipótesis en la que se plantea en palabras lo siguiente:

$H_0: \beta_i = 0$ La variable X_i no es importante para establecer variaciones en el modelo

$H_1: \beta_i \neq 0$ La variable X_i si es importante para establecer variaciones en el modelo

Se efectúa el contraste y si se llega a rechazar la hipótesis nula, se observa a que nivel de confianza se efectúa el rechazo, y dependiendo del valor, se le da el peso a la variable en el modelo, según el siguiente criterio:

95%	Poco significativa
97.5%	Significativa
99%	Muy significativa
99.9%	Altamente significativa

Otro valor de importancia que debe ser calculado y tenido en cuenta al realizar el modelo Logit, es el estadístico Nagelkerke, que indica el porcentaje de las variaciones de la variable dependiente son explicadas por las variables independientes. Aunque hasta el momento no existe un valor mínimo de explicación que valide la utilización del modelo, se ha dejado a juicio del investigador que según su criterio fije este valor y realice con el modelo obtenido las proyecciones, aunque se acostumbra tomar porcentajes de explicación mayores del 60%.

5.3.3 MODELO DISCRIMINANTE

El Análisis Discriminante es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es analizar si existen diferencias significativas entre grupos de objetos respecto a un conjunto de variables medidas sobre los mismos, y en el caso de existir diferencias explicar en qué

sentido se dan y proporcionar procedimientos de clasificación sistemática para las observaciones en cada uno de los grupos considerados. La técnica tiene como objetivos principales los siguientes:

- Describir las diferencias existentes entre grupos, si es que las hay, con base en los valores que toman ciertas variables para cada una de las unidades que integran los distintos grupos considerados.
- Clasificar las observaciones de acuerdo a sus valores y a las características determinantes en cada uno de los grupos conformados, garantizando una completa homogeneidad dentro del grupo y heterogeneidad entre grupos.

Técnicamente, podemos decir que el análisis discriminante trata de encontrar funciones cuyos valores separen o discriminen lo más posible a los grupos existentes. Estas funciones, denominadas *funciones o ejes discriminantes*, serán combinaciones lineales de las variables originales de la forma:

$$\gamma = \beta_0 + \beta_1\chi_1 + \beta_2\chi_2 + \dots + \beta_k\chi_k + \varepsilon$$

Que para el caso que nos interesa, γ es la variable que expone el no pago y las χ son las distintas variables que se suponen relevantes para explicar γ . El vector β denota una lista de parámetros que recogen la magnitud con que las variaciones en los valores de las variables χ se transmiten a variaciones en la variable γ .

k hace referencia al número de variables explicativas, y los coeficientes $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ se eligen de tal forma que se consiga la máxima heterogeneidad entre grupos, es decir, tratando de que los valores que toman las funciones discriminantes γ en cada uno de sus grupos sean lo más diferentes posibles.

Estadísticamente, este criterio equivale a maximizar la varianza “entre grupos” frente a la varianza “dentro de grupos”. Por tanto, los coeficientes $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3 \dots \beta_k$ se eligen de tal forma que se consiga maximizar el valor del cociente:

$$\lambda = \frac{\text{Varianza_entre_grupos}}{\text{Varianza_dentro_de_grupos}}$$

Si la varianza “entre grupos” es grande, es decir si hay grandes diferencias entre los valores que toma la función γ en los distintos grupos, pero la varianza “dentro de grupos” es pequeña, es decir, los valores de γ para variables de un mismo grupo son muy similares, entonces diremos que la función discriminante separa bien a los grupos, que serán, internamente muy homogéneos y a la vez muy diferentes entre sí.

Hay que señalar que el número de funciones que pueden obtenerse es el mínimo entre el número de variables explicativas disponibles y el número de grupos menos uno. Estas funciones se obtienen de forma sucesiva en función de su capacidad discriminatoria. Así, la primera función discriminante, será de la forma:

$$\gamma_1 = \beta_{01} + \beta_{11}\chi_1 + \beta_{21}\chi_2 + \dots + \beta_k\chi_k + \varepsilon$$

Que será la que tenga mayor poder discriminatorio, es decir, la que mejor separe los grupos.

La segunda función, que vendrá definida por:

$$\gamma_2 = \beta_{02} + \beta_{12}\chi_1 + \beta_{22}\chi_2 + \dots + \beta_k\chi_k + \varepsilon$$

y será la siguiente en capacidad discriminatoria, además, estará incorrelacionada con la función anterior γ . A los valores de estas funciones para cada uno de los individuos de la población se les denomina *puntuaciones discriminantes*.

En ciertas ocasiones, la capacidad discriminadora de la primera función, γ_1 , es tan grande, que la información añadida por la segunda función γ_2 apenas es relevante y esta se ignora, ya que su contribución a la separación entre los grupos no es significativa.

Una vez obtenidas las funciones discriminantes, el objetivo es establecer la contribución relativa de las distintas variables a la discriminación, o lo que es lo mismo, determinar cuáles son las variables que más contribuyen a discriminar entre un grupo y otro.

Antes de indicar el proceso que se debe seguir para estimar el poder discriminante de las variables independientes, se hace necesario aclarar un conjunto de conceptos, lo cual se hace enseguida:

Lambda de Wilks : Para determinar la significancia de las variables que se introducen, se emplea el estadístico Lambda de Wilks que se obtiene de la razón entre el determinante de la matriz de variancias y covarianzas dentro de grupos y el determinante de la matriz de variancias y covarianzas total, que sigue una distribución F. Con esto es sencillo determinar si una variable es o no significativa para discriminar, ya que solamente basta realizar una prueba de significancia en la forma usual.

Distancia de Mahalanobis: Esta técnica permite el cálculo de un indicador llamado distancia de Mahalanobis, que es una medida de la distancia entre dos puntos en el espacio, definido por dos o más variables correlacionadas.

Por ejemplo si hay dos variables no correlacionadas, pueden graficarse los puntos en un espacio de dos dimensiones, la distancia de Mahalanobis entre puntos es la distancia euclidiana. Si hay tres variables no correlacionadas puede usarse una regla para medir las distancias en el espacio de tres dimensiones para determinar la distribución entre puntos. Con más de tres variables ya no es posible graficar las distancias.

Por otro lado, cuando las variables están correlacionadas los ejes no están posicionados en ángulo recto en esos casos la distancia euclidiana no es una medida apropiada, por tanto se usa la distancia de mahalanobis.

Para cada grupo se puede determinar la localización de un punto que representa la media para todas las variables en el espacio multivariable definido por las variables en el modelo. Estos puntos se llaman centroides de los grupos. Para cada caso puede calcularse su distancia de mahalanobis respecto del centroide del grupo. De nuevo, puede clasificarse una observación como perteneciente al grupo al que esté más cerca o sea al cual la distancia de mahalanobis es menor.

Para estimar el poder discriminante de las variables independientes se realizan los siguientes pasos:

1. Se calcula la media y la desviación estándar de cada una por grupo (0 y 1) de la muestra que se determino para análisis. Aquellas con mayor diferencia en medias tenderán a ofrecer mayor poder. No aplica si es una variable discreta y binaria.
2. Se calcula la lambda de Wilks y el ANOVA univariante (Ratio F univariante) para valorar la significación entre las medias. Entre mayor sea el valor del Ratio F Univariante se puede decir que las diferencias univariantes son más significativas.
3. Se utiliza la D2 de Mahalanobis para llevar un proceso por etapas en la determinación de las variables con mayor capacidad discriminatoria

En caso de no obtener resultados que permitan determinar las variables que sean significativas para discriminar, se deberá realizar un análisis factorial que permita generar nuevas variables que pudieran serlo.

6. DISEÑO METODOLÓGICO PARA DESARROLLAR EL ANÁLISIS CASOS PRACTICOS

6.1 DESCRIPCION Y ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Para ilustrar el proceso metodológico a seguir, se toma como base la información de una empresa con domicilio principal en la ciudad de Bogotá, pero tiene como ámbito de operaciones todo el territorio de la República de Colombia. Para efectos del presente trabajo se tendrá en cuenta la información correspondiente a las transacciones crediticias generadas en el eje cafetero.

La organización sobre la cual se realizará la medición de riesgo de incumplimiento, es una entidad financiera la cual tiene como objeto desarrollar operaciones propias de un establecimiento bancario comercial, con amplia participación en el mercado financiero y bancario. La Entidad se creó para atender sectores con necesidades insatisfechas en materia de crédito a través de créditos blandos, que beneficien financieramente a personas naturales o jurídicas, de forma que cuenten con apoyos económicos cuando lo requieran, siendo así un facilitador del desarrollo. El éxito del negocio se estriba en poder tener un normal retorno de las operaciones crediticias financiadas, con un bajo nivel de riesgo, y de esta manera incrementar el número de personas beneficiadas con crédito para desarrollar sus proyectos productivos, beneficios que se dan, si se logra el objetivo de quien toma prestado, como del propietario del dinero.

Todas las operaciones de crédito se encuentran enmarcadas en dos grandes modalidades así: La primera comprende las operaciones financiadas con recursos propios y en la segunda se encuentran todas las líneas de redescuento que se realizan a través de los Bancos de Segundo Piso (BANCOLDEX, FINDETER y FINAGRO entre otras)

Para propósitos de la administración de la cartera, evaluación del riesgo crediticio, aplicación de normas contables y constitución de provisiones entre otras, las colocaciones de la Institución se clasifica en las siguientes modalidades:

Créditos de Vivienda de interés social

Créditos de Consumo

Micro crédito

Crédito Comercial

Financiación Bancos Segundo Piso

- Fondo Para El Financiamiento Del Sector Agropecuario (FINAGRO)
- BANCOLDEX
- FINDETER

Créditos de vivienda : Son créditos de vivienda, independientemente del monto, aquéllos otorgados a personas naturales destinados a la adquisición de vivienda nueva o usada, o a la construcción de vivienda individual. El plazo de amortización debe estar comprendido entre cinco (5) años como mínimo y treinta (30) años como máximo.

Créditos de consumo: Se entiende como créditos de consumo los créditos otorgados a personas naturales cuyo objeto sea financiar la adquisición de bienes de consumo o el pago de servicios para fines no comerciales o empresariales, independientemente de su monto.

Micro crédito: Por microempresa se entiende toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicio, rural o urbano, cuya planta de personal no supere diez (10) trabajadores y sus activos totales sean inferiores a quinientos uno (501) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Cada entidad vigilada deberá clasificar como micro crédito el conjunto de operaciones activas de crédito otorgadas a microempresas cuyo saldo de endeudamiento con la respectiva entidad no supere veinticinco (25) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

Créditos comerciales: Se definen como créditos comerciales todos los créditos distintos a los de vivienda, de consumo y micro crédito.

Fondo Para El Financiamiento Del Sector Agropecuario (FINAGRO): El Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario, FINAGRO, fue fundado el 22 de enero de 1990, como una necesidad sentida del sector rural colombiano, que requería una entidad autónoma y especializada que manejara los recursos de crédito, dispersos en varias organismos que los asignaban como una variante complementaria de la política macro económica, básicamente en manos del Banco de la República.

La colocación de estos recursos se hace por intermedio de los bancos de primer piso¹⁰ encargados estos de entregar créditos con el cumplimiento de los requisitos establecidos por el manual de redescuento como norma principal, encargada de enmarcar los lineamientos bajo los cuales se destinarán los recursos y esto de acuerdo a los tipos de usuarios los mismos que se definirán más adelante.

La financiación al sector agropecuario y rural se agrupa en las siguientes líneas de crédito:

- Capital de Trabajo
- Inversión.
- Normalización de Cartera

Banco de comercio exterior (BANCOLDEX): Su objetivo es financiar a Microempresas, Pequeñas y Medianas Empresas, de personas jurídicas, personas naturales con establecimientos de comercio, personas naturales profesionales independientes y los socios de todas las empresas anteriormente mencionadas, así como los patrimonios autónomos relacionados con dichas empresas, que se destinen para:

¹⁰ Los bancos de primer piso son aquellos que atienden directamente al público, se encargan de colocar los recursos destinados por los bancos de segundo piso para el fomento de las operaciones de crédito a determinados segmentos de la población y de acuerdo a líneas de crédito creadas con propósitos específicos.

- Capital de trabajo
- Inversiones fijas

Financiera De Desarrollo Territorial S.A. (FINDETER): El objetivo de esta línea de crédito es el de financiar los proyectos destinados a promover el desarrollo regional, el crecimiento económico y el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad. La línea de crédito está dirigida a las entidades territoriales, como distritos, departamentos, municipios, asociaciones de municipios y áreas metropolitanas que destinen los recursos del crédito a financiar proyectos de inversión contemplados en la ley y programas de ajuste fiscal.

Adicionalmente, previa autorización de la Junta Directiva se podrán incluir las empresas industriales y comerciales del estado, las sociedades públicas y las sociedades de economía mixta, que desarrollen actividades inherentes al sector agropecuario y rural. De igual forma, a través de esta línea de crédito se financiarán las entidades de derecho privado como Empresas Prestadoras de Servicios Públicos, Establecimientos Educativos, Concesionarios, Entidades de Salud y Patrimonios Autónomos, que desarrollen proyectos en los sectores y programas financiables por la Financiera de Desarrollo Territorial.

6.2. ESTADO DE LA ENTIDAD FINANCIERA FRENTE AL RIESGO DE CRÉDITO Y SU MEDICIÓN

La evolución de las herramientas de administración de riesgo crediticio han conducido a la revisión de un conjunto de variables que son determinantes para el otorgamiento del crédito, las cuales en forma general para cualquier entidad crediticia se puede resumir en los siguientes aspectos:

- Cantidad o valor del activo.
- Calificaciones crediticias internas / externas.
- Modelos de crédito y portafolio.

Inicialmente el riesgo fue medido por una suma teórica total. Un multiplicador digamos de 8% era aplicado a esta suma para establecer la cantidad de capital a requerir para mantener una reserva contra el riesgo crediticio. El problema con esta aproximación era que ignoraba las variaciones en la probabilidad de ocurrencia de incumplimiento, que consideraba valores generales y no individuales como debería ser. En 1988 el comité de Basilea instituye una muy dura categorización del riesgo crédito mediante clasificaciones de riesgo (risk – class) proporcionando ponderaciones de riesgo para su medición. Este fue el primer intento para forzar a los bancos a mantener el capital adecuado con relación al riesgo que estaban asumiendo.

Estas ponderaciones de riesgo demostraron ser simplistas, sin embargo crearon incentivos para que los bancos alterasen sus portafolios con el objeto de maximizar los retornos de sus accionistas sujetos a los requerimientos de capital de Basilea. Estos tienen el efecto adverso de la creación de más riesgo dentro de los estados de cuenta de los bancos comerciales, los cuales no fueron tenidos en cuenta en las normas propuestas en 1988. Como ejemplo se puede citar que no había diferenciación entre créditos corporativos clase AAA y aquellos con calificación C. Por lo cual los créditos C eran más rentables que los AAA, determinados con la misma suma de capital regulatorio, el sector bancario respondió alterando los préstamos, hacia créditos con menor calificación.

A partir de los conceptos difundidos por el acuerdo de Basilea en 1988, específicamente sobre adecuación de capital a riesgo, han surgido en el mundo una serie de modelos estadísticos y matemáticos que pueden constituirse en herramientas para que los entes de crédito aprendan a valorar el riesgo. Para que una entidad financiera escoja un modelo específico debe, antes que todo, conocer los conceptos básicos sobre los que operan.

Como se ha dicho anteriormente el crédito no es otra cosa que un contrato en el que la parte deudora se obliga con la Entidad financiera, para cancelar la deuda pendiente, a pagar unas cuotas de dinero en unos plazos específicos. Cualquier incumplimiento en los dos componentes básicos (plazo y monto) del compromiso se considera un fallo. Pero este fallo

no implica pérdida automática para la entidad, pues cuando este ocurre se activa una serie de mecanismos de defensa, tendientes a evitar que el fallo se Traduzca en pérdida.

Frente a un fallo en el plazo, el mecanismo más usado es el cobro de intereses de mora, que teóricamente, debe resarcir a la institución, de las eventuales pérdidas que la mora le ocasiono por el descalce en el flujo de caja, por el cual asumimos que tuvo que utilizar pasivos más costosos.

En el caso de incumplimiento en el pago, los mecanismos más comunes a seguir son:

- Presión por parte del personal de cobros a través de llamadas telefónicas y/o cartas.
- Procesos jurídicos que implican hacer efectiva la garantía, y cuando procede, perseguir los bienes del deudor
- Reporte a las centrales de información crediticia.

Sólo cuando se han utilizado estos mecanismos, o cualquier otro diseñado, y su resultado final no se ha traducido en una recuperación parcial o total del monto adeudado, es que el Banco puede hablar de pérdida.

Por regla general, las instituciones financieras han tenido tradicionalmente dos fortalezas enormes frente a otros intermediarios que son:

- Carteras de colocación altamente atomizadas.
- Un porcentaje de la colocación esta amparado con aportes que pueden cruzarse con la deuda en caso de incumplimiento.

Aún así, para las entidades financieras es vital desarrollar una metodología que estime sus pérdidas de cartera, pues a través de este cálculo puede planear estrategias que la protejan

de tales pérdidas. Cuando estas pérdidas son elevadas, ponen en riesgo la misma estabilidad, y la solvencia de la entidad financiera.

En términos generales las Instituciones de crédito a nivel de Latinoamérica cuentan con información de sus créditos por más de cinco años, y esta información, esta casi siempre almacenada en archivos electrónicos, los cuales pueden ser convertidos en bases de datos que organizadas a través de un software, y aplicándole técnicas estadísticas apropiadas mediante el uso de programas estadísticos y de asesores actuariales, podrán indicarle a los Bancos su PD (probabilidad de fallo) y su LGD (pérdida en caso de fallo), que son los componentes básicos para la estimación de pérdidas esperadas.

6.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL RIESGO

En este punto es importante entender que una valoración en riesgo institucional debe enfocarse desde la perspectiva de como estamos analizando las operaciones de crédito diarias, y que métodos estamos utilizando para garantizar que los estudios de crédito que se elaboran dentro de la institución sean adecuados a los objetivos marcados por la dirección en la colocación de créditos.

Un crédito tiene, normalmente, tres componentes básicos para ser estudiados, y determinar su aprobación o su rechazo:

1. Capacidad de pago del acreedor: Durante años las Entidades bancarias confundieron dos términos: Solvencia y capacidad de pago, lo que se tradujo en acumulación de activos improductivos.

La solvencia la asociamos al nivel de activos que posee el acreedor para hacer frente a la acreencia. Pero la capacidad de pago, que ahora hemos establecido como factor primordial, se refiere a la liquidez, y a la disposición de recursos financieros con que cuenta el acreedor para cumplir con los instalamentos del crédito. Si el cliente cuenta con activos valiosos pero difícilmente realizables, y no cuenta con la liquidez necesaria para el pago de las

cuotas periódicas del crédito, así estas sean pequeñas, nos estamos enfrentando a un crédito que puede ser complicado.

La manera de obviar este punto, es el estudio, a parte del Balance del acreedor, de un flujo de caja individual del proyecto, en el que se incluyan los ingresos y gastos proyectados a la vida del crédito. Este flujo podría ser incluido aún en créditos de consumo, porque la idea es saber si al final de cada período de pago, se cuenta con recursos para atender el crédito. Los ingresos (por ejemplo el sueldo) deben ser estimados de manera conservadora (sueldo actual más porcentaje de aumento general en la empresa, o en el sector). Nada de aumentos extraordinarios basados en una conversación previa con el jefe, etc. Los gastos deben ser lo más aproximados a la realidad, y deben incluirse las erogaciones por instalamentos de otros créditos.

El análisis del flujo de caja, se convierte, entonces, en un elemento esencial en el estudio del crédito.

2. Moralidad comercial: Se le presta a personas, no a hipotecas, ni a proyectos. El historial crediticio se convierte, quizás, en el único factor objetivo de medición de la solvencia moral de la persona. La afiliación por parte de la Entidad a centrales de información, aunque esto implique costos, es una magnífica alternativa para determinar la solvencia moral de la persona.

Definimos como moralidad comercial, la intención de la persona a pagar el crédito, y sobre esto debemos tratar de medir su intencionalidad de honrar compromisos en tiempos de crisis o cuando enfrente dificultades. Desafortunadamente, no existe un método objetivo de medición, pero el estudio de su historial crediticio, puede ser una herramienta invaluable de medición.

Sí la persona cuenta con un buen historial de crédito en una central de información, se tiene un método de evaluación superior a las conocidas referencias. Sobre este punto es necesario estudiar el historial crediticio de manera detallada, a fin de determinar las causales de su

incumplimiento, y lo más importante, si ya está al día, y la manera como enfrento la incapacidad de pago.

3. Solvencia y Garantías: Existen dos tipos de garantías. Reales y personales. En el caso de las reales el bien se coloca a disposición del acreedor en caso de incumplimiento, en el caso de las personales, los bienes serán perseguidos en el curso de un proceso legal. La solvencia se mide mediante el estudio del Balance, como anotamos anteriormente. Sin embargo, la constitución legal de la garantía, es tan importante como la garantía en sí. Se parte del principio que la garantía se hará efectiva en un proceso judicial en el que el acreedor aprovechará cualquier error en la constitución de la misma para evitar que se haga efectiva.

Si se unen los tres factores anteriormente mencionados, se encuentra con un estudio de crédito del que depende la aprobación o no del mismo. En proyectos empresariales, existe un cuarto factor determinante, y es el capital de riesgo del acreedor, lo que garantiza su compromiso con el proyecto.

La cuestión de fondo es: ¿Cómo unimos estos factores, para que de manera objetiva, matemática y científica (hasta donde sea posible) se pueda obtener una evaluación de crédito adecuada?

Las evaluaciones de crédito parten de analistas, que en la mayoría de casos basan su labor en manuales de crédito en que indican las políticas de crédito de las entidades financieras, pero esto no siempre garantiza que los criterios se utilizarán de manera uniforme en su estudio, y si la interpretación que le darán los diferentes analistas será la misma.

Reacomodando a nuestros intereses los criterios de Basilea II, como lo mencionamos atrás, el estudio del crédito y del cliente, no es una labor que se deba hacer una sola vez, sino que debemos encontrar métodos de calificación del riesgo de incumplimiento en nuestra cartera, los cuales no se deben ajustar solo al establecimiento de provisiones por mora o certeza de incumplimiento, (pérdida esperada) sino que debemos avanzar en el establecimiento de métodos, que nos permitan medir los incumplimientos basados en modelos estadísticos que

partiendo una calificación de nuestro cliente actual nos permita estimar pérdidas futuras (pérdidas estimadas).

El documento que activa todo el proceso crediticio, y por tanto del que depende un bajo riesgo crediticio para los bancos es la solicitud de crédito. De ahí la importancia de estudiar al detalle su formato, la información que se exige, y los documentos soporte requeridos.

Las solicitudes de crédito pueden adolecer de dos fallas:

- Exceso de información: Muchas veces las entidades financieras desarrollan modelos de solicitud o aplicación de créditos en las que se pide información que es inútil o irrelevante para el analista, y no sirve a los propósitos jurídicos de adecuada identificación del cliente o sus activos. Estas solicitudes alejan a los clientes, que por físico aburrimiento prefieren buscar otra institución.
- Falta de información: Sucede muchas veces que por simplificar procesos, o atraer clientes, las solicitudes son recortadas, al punto de perder información valiosa para el analista de crédito.

Existen solicitudes que presentan ambas fallas, por un lado exceso de información, y por otro falta de información vital.

Se requiere que los modelos de solicitud de crédito sean revisados periódicamente para establecer su utilidad, por parte del equipo de crédito. Así si otro departamento requiere de información (Por ejemplo cobranzas o mercadeo), esa información deberá ser migrada a bases de datos diferentes, dejando en las bases de créditos la información indispensable.

Para minimizar el riesgo las instituciones financieras deben fijar en sus manuales límites a la exposición en riesgo por Concentración en empresas: No prestar más de determinado

porcentaje del patrimonio o del capital. Así como límites en la aprobación de créditos por gerente, comité de crédito, Junta Directiva.

Adicionalmente se impone un estudio permanente por parte del área de créditos de la situación macroeconómica del país, y de los sectores objetivos de crédito de los bancos, y con base en ese estudio limitar montos de crédito por sector. Una política de diversificación y segmentación de créditos por sectores. El crecimiento de la cartera debe ser cauteloso, y debe estar en relación con la situación de la economía.

Finalmente se puede decir que el riesgo de incumplimiento es el componente primario del riesgo crediticio. Esta representado por la probabilidad del incumplimiento, así como también por las pérdidas determinadas por un incumplimiento. Cuando ocurre un incumplimiento la pérdida actual es la combinación de la exposición al incumplimiento y las pérdidas ocasionadas por el mismo.

La capacidad de medición depende exclusivamente de la cantidad de información que se tenga sobre su contraparte, información que en la mayoría de los casos deberá obtenerse de la relación existente entre las partes.

Clarificados los conceptos y la importancia que tienen los modelos de regresión, entre ellos, el Lineal, el Logit y el Probit, para estudiar la posibilidad de que una característica de interés se presente, enseguida se suministrará el proceso metodológico que se siguió para medir las probabilidades de incumplimiento en la entidad financiera que interesa y la utilidad que presentan los modelos y los pasos que se deben seguir para calcular probabilidades de incumplimiento.

Para encontrar un modelo que explicara el comportamiento de una variable dependiente que para este caso es incumplimiento se hizo una lista desagregada de posibles variables explicativas teniendo en cuenta para su inclusión la información que se tenía de ella en el banco de datos, y lo actualizada que estaba, encontrando las siguientes situaciones:

Definición de la Variable dependiente (Variable Explicada): Y se define como el estado del crédito, tomando dos posibles categorías a saber: crédito al día codificado con el valor 0 y crédito en estado de mora calificado con el valor 1.

Definición De Variables Explicativas (Independientes)

- **Zona:** Esta variable se refiere a la ubicación geográfica de las oficinas, las cuales se encuentran distribuidas entre la zona Manizales, y la Zona de Pereira.
- **Obligación nueva o reestructurada:** Se refiere al tipo de obligación, la cual puede ser: Nueva o Reestructurada. Es Nueva, aquella que está siendo desembolsada por primera vez y Reestructurada, es aquella que ha requerido de un arreglo o acuerdo de pago para normalizar su pago anulando el estado de mora.
- **Meses vigentes de la obligación:** Cronológicamente se refiere al tiempo transcurrido en meses desde el momento en que fue desembolsada la obligación a la cuenta del cliente hasta la fecha de corte de esta información. (Se ha enmarcado para el estudio un horizonte de tiempo de los desembolsos presentados entre el 01 de marzo de 2004, hasta el 30 de abril de 2006).
- **Valor desembolso:** Es el valor en pesos aprobado y acreditado a la cuenta del cliente, y cuyo valor es la base para el cobro de intereses desde la fecha de desembolso.
- **Numero de pagos al año:** Esta variable, puede definirse como la periodicidad de pagos que se efectuarán en una año así: 1, 2, 4, 12, correspondientes estas a pagos anuales, semestrales, trimestrales, o mensuales respectivamente.
- **Garantía:** Se clasificaron en dos grupos a saber Garantías FAG o especiales, y Garantías Reales.
- **Tipo de obligación:** Comprende dos grupos que son: obligaciones del sector agrícola y obligaciones del sector pecuario.
- **Genero:** Esta variable hace referencia al sexo del deudor del crédito y puede ser: masculino, y 0 para el género femenino.

- **Activos:** Es el valor en pesos declarado por el cliente en la solicitud de crédito como activos totales poseídos por este.
- **Vivienda:** Hace referencia a la información suministrada por el cliente en lo que respecta a si su vivienda propia, arrendada, o familiar.
- **Saldo:** Es el valor en pesos adeudado por el cliente a la fecha de corte del estudio, el cual es el resultado de tomar el valor del préstamo y restarle las amortizaciones a capital, más los intereses causados a la fecha.
- **Días máximos de vencimiento:** Esta variable muestra el mayor número de días que un cliente estuvo vencido, cuando entro en mora su obligación.
- **Edad:** Es la edad en años de cada uno de los deudores.
- **Estado civil:** Hace referencia a si el cliente es soltero, casado, vive en unión libre, separado, o viudo.
- **Escolaridad:** En esta variable se determina el nivel de estudios alcanzados por el deudor y clasificado así: primaria, bachiller, técnico, universitario, especialización, ninguno.
- **Personas a cargo:** Esta variable cuantifica el número de personas que dependen económicamente del deudor.
- **Pasivos:** Se refiere al valor en pesos de las deudas del deudor al solicitar la operación.
- **Índice de incumplimiento:** Esta variable resulta de efectuar el cociente entre el número de pagos vencidos con la cantidad total de pagos que debió realizar hasta la fecha de corte.

6.3. DISEÑO DE MUESTREO

Ante la imposibilidad de estudiar cada uno de los elementos que integran la población, se decidió realizar un proceso de muestreo y utilizar un proceso de inferencia estadística por las siguientes razones:

- Se disminuye notablemente los costos generados, en la recolección y análisis de la información.
- Por tener una menor cantidad de observaciones, se facilita el proceso de análisis de la información, y por lo tanto, la obtención de resultados y conclusiones.

6.3.1 POBLACIÓN OBJETIVO Y POBLACIÓN MUESTREADA

Se define esta población como toda la cartera que tiene la entidad financiera al 30 de abril de 2006

6.3.2 DISEÑO DE LA MUESTRA

Por el diseño de la muestra y por centrarse el interés en el cálculo de la probabilidad de incumplimiento, y por pertenecer cada crédito a un mismo establecimiento financiero, los cuales son asignados con el cumplimiento de unas políticas crediticias estables y permanentes, se considera que la población es homogénea y por interesar estudiar una característica que puede tomar una de dos posibles categorías (Al día o en mora), el método de muestreo a utilizar, será el muestreo aleatorio simple para proporciones.

6.3.3 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Teniendo presente que en el muestreo estadístico se debe garantizar una total aleatoriedad, la selección de los elementos se realizarán mediante una selección al azar usando un marco lista en el que se encuentran relacionados e identificados con la cédula de ciudadanía los créditos que fueron asignados a los diferentes clientes que estaban vigentes en la fecha de corte. La selección de los elementos a observar fue determinada mediante el paquete SPSS, usando la opción que este trae y que garantiza la aleatoriedad por la misma forma en que viene estructurado,

Bajo esta situación, se cuenta con una muestra representativa garantizada por el método de muestreo, y una muestra aleatoria por el proceso de selección efectuada. Así se cumplen con todos los requisitos exigidos por la teoría estadística para realizar inferencias válidas hacia la población.

Según lo anterior, el tamaño de la muestra se determina con la siguiente expresión:

$$n = \frac{\frac{z^2 P^* Q^*}{\delta^2}}{\frac{N-1}{N} + \frac{z^2 P^* Q^*}{N\delta^2}}$$

Donde:

n = Tamaño óptimo de la muestra

z = Valor de la cuantila obtenida en una distribución normal, para un nivel de confianza dado.

P = Proporción de clientes que a la fecha de estudio presentaban mora

Q = 1 – P (Proporción de clientes que a la fecha de interés estaban al día)

δ = Error máximo admisible

Como se puede observar, para determinar el tamaño de muestra, se hace necesario conocer los valores de P y Q, los cuales son obtenidos al realizar un censo y observar el número de créditos en mora, valor que al ser dividido por el total de créditos que conforma la población determina el valor de P

Par el caso el valor de P se establece de la siguiente manera:

$$P = \frac{\text{Cantidad de Créditos en Mora}}{\text{Total de Créditos}} = \frac{544}{12529} = 0.0434$$

$$1 - P = (1 - 0.0434) = 0.9566$$

6.3.4 MARGEN DE ERROR

Es el máximo error permisible al desarrollar el estudio. Por ser un muestreo de proporciones, su valor es porcentual y con el ánimo de disminuir en buena manera el error que se puede cometer en el proceso de inferencia, se optó por tomar un error del 2%

6.3.5 NIVEL DE CONFIANZA

Es la confiabilidad que se quiere en la determinación del tamaño de muestra, y por ser un estudio de carácter financiero, este nivel será del 95% que al buscarlo en la tabla de la distribución normal genera un valor para $Z = 1.96$

El tamaño de la muestra será entonces:

$$n = \frac{\frac{1.96^2 * 0.0434 * 0.9566}{0.02^2}}{\frac{12529 - 1}{12529} + \frac{1.96^2 * 0.0434 * 0.9566}{12529 * 0.02^2}} = 386.45$$

Una vez establecido el tamaño de muestra y las variables exógenas y endógenas que se debían tener en cuenta para realizar el modelo, se creó en Excell una base de datos con la información para cada uno de los clientes, que fueron identificados con el número de cédula, según la selección que efectuó el paquete estadístico SPSS. Cada cédula identificaba un cliente en particular, al cual se le observó el expediente. Aquí es importante resaltar que si bien es cierto la empresa cuenta con ayudas de informática y software muy sofisticado, no se pudo hacer uso de ellos, ya que desafortunadamente mucha de la información que se requería no se encontraba registrada, obligando esto a realizar un trabajo manual.

6.4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuadro 1. ANALISIS DE RESULTADOS

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida
1	,625(a)	0,391	0,361
2	,625(b)	0,391	0,363
3	,625(c)	0,391	0,365
4	,625(d)	0,391	0,366
5	,625(e)	0,391	0,368
6	,625(f)	0,391	0,369
7	,625(g)	0,391	0,371
8	,625(h)	0,390	0,372
9	,624(i)	0,389	0,373
10	,623(j)	0,388	0,373
11	,622(k)	0,386	0,373
12	,620(l)	0,384	0,373
13	,617(m)	0,381	0,371
14	,615(n)	0,378	0,370
15	,614(o)	0,376	0,370

Al observar la evolución del R^2 , en el cuadro de explicación anterior, es importante aclarar que se debe observar el r cuadrado corregido, esto en razón a que el numero de variables independientes tenidas en cuenta esta variando y las comparaciones que se realicen por intermedio del R^2 no serian valederas, ya que este aplica únicamente para comparar modelos con el mismo número de variables independientes.

Tenido en cuenta lo anterior se nota que en el modelo número 15, aparece un $R^2 = 0.370$, lo cual indica que un 37% de las variaciones del estado de la cartera están explicadas por las variables: meses vigentes de la obligación, número de pagos al año, días máximos de vencimiento y porcentaje de incumplimiento

Cuadro 2. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL MODELO NUMERO 15

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
15	Regresión	9,779	4	2,445	57,665	,000(o)
	Residual	16,195	382	0,042		
	Total	25,974	386			

En este cuadro se hace un análisis de la varianza, dividiéndola en dos grandes grupos a saber: variaciones explicadas por el modelos (regresión) y variaciones no explicadas por el modelo (residual), con lo cual se puede entonces plantear la siguiente prueba de hipótesis:

$$H_0 : \beta_3 = \beta_5 = \beta_{12} = \beta_{18} = 0$$

$$H_1 : \beta_i \neq 0 \text{ Para } i = 3, 5, 12, 18$$

En otras palabras:

Ho: Meses vigentes de la obligación, número de pagos al año, días máximos de vencimiento y porcentaje de incumplimiento en los pagos, no son importantes para establecer variaciones en la probabilidad de incumplimiento

H₁: Por lo menos una de las siguientes variables: meses vigentes de la obligación, número de pagos al año, días máximos de vencimiento y el porcentaje de incumplimiento en los pagos, es importantes para establecer variaciones en la probabilidad de incumplimiento

Al calcular el estadístico F se obtiene que:

$$\frac{SCR/gl}{SCE/GL} = \frac{9.779/4}{16.195/382} = \frac{2.445}{0.042} = 57.665$$

$$P (F > F_c) = 0.000$$

Se rechaza la hipótesis nula al 100%, es decir por lo menos una de las siguientes variables: meses vigentes de la obligación, número de pagos al año, días máximos de vencimiento y porcentaje de incumplimiento en los pagos, es importantes para establecer variaciones en la probabilidad de incumplimiento

6.4.3 ANÁLISIS SECUENCIAL

Cuadro 3. ANÁLISIS SECUENCIAL

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Correlaciones		
	B	Error típ.	Beta			Orden cero	Parcial	Semiparcial
15 (Constante)	-0,065	0,023		-2,849	0,005			
x3	0,005	0,002	0,133	3,159	0,002	0,269	0,160	0,128
x5	0,012	0,006	0,078	1,913	0,057	0,121	0,097	0,077
x12	0,002	0,000	0,417	8,906	0,000	0,558	0,415	0,360
x18	0,149	0,033	0,215	4,545	0,000	0,460	0,226	0,184

Como en la hipótesis alternativa se planteó que al menos una de las variables independientes es importante para el modelo, se debe determinar cuál o cuáles de ellas cumplen dicha característica. Para tal efecto se hacen las pruebas para medir la significancia de cada uno de los parámetros establecidos en el modelo 15, lo cual se explica únicamente para β_3 , para luego concluir hacia los otros parámetros sin entrar en mayores detalles, ya que el proceso es repetitivo.

$H_0 : \beta_3 = 0$ Los meses vigentes de la obligación no son importantes para establecer variaciones en la probabilidad de incumplimiento.

$H_1 : \beta_3 \neq 0$ Los meses vigentes de la obligación son importantes para establecer variaciones en la probabilidad de incumplimiento.

$$P(T > t_0) = P(T > 3.159) = 0.002$$

Por lo que se rechaza la hipótesis nula a un nivel del 99.8%, es decir: los meses vigentes de la obligación son importantes para establecer variaciones en la probabilidad de incumplimiento.

Aquí debe tenerse en cuenta que el paquete genera el estadístico t ($t = 3.159$), como también el área a la derecha (0.002), los cuales se pueden observar en el cuadro anterior.

Realizando este mismo procedimiento para las otras variables dependientes relacionadas en los coeficientes del modelo, se logra determinar la significancia que cada una de ellas tiene dentro del modelo por lo que se tiene:

$$\hat{\gamma} = -0.065 + 0.005\chi_3 + 0.012\chi_5 + 0.002\chi_{12} + 0.149\chi_{18}$$

bajo la anterior situación se puede concluir lo siguiente:

Por cada unidad que se incremente el tiempo de vigencia de una obligación crediticia, la probabilidad de incumplimiento aumenta en 0.005, si el número de pagos al año, los días máximos de vencimiento y el porcentaje de incumplimiento en los pagos permanecen constantes

Si aumenta el número de pagos al año en una unidad, la probabilidad de incumplimiento se incrementa en 0.012, si los meses vigentes de la obligación, los días máximos de vencimiento y el porcentaje de incumplimiento en los pagos permanecen constantes

Cuando se incrementa en un día la mora en pago, la probabilidad de incumplimiento se incrementa en 0.002, si los meses vigentes de la obligación, el número de pagos al año y el porcentaje de incumplimiento en los pagos permanecen constantes

Al incrementarse en uno por ciento el índice de incumplimiento en los pagos, se aumenta la probabilidad de incumplimiento en 0.149, si los meses vigentes de la obligación, el número de pagos al año y los días máximos de vencimiento permanecen constantes

Para calcular los valores de probabilidad de incumplimiento, solamente basta con remplazar cada una de las variables independientes por los valores que en este caso tenga el cliente y el valor obtenido sería la probabilidad que tiene la persona de no pago.

Como conclusión de la utilización de este modelo, se puede llegar a afirmar que la probabilidad de incumplimiento está determinada por: los meses vigentes de la obligación, el número de pagos al año, los días máximos de vencimiento y el porcentaje de incumplimiento en los pagos, pero si se observa el valor del R^2 corregido, se encuentra una cifra de 0.370, que es muy pobre. Esto sencillamente indica que el modelo no explica debidamente la variable dependiente, por lo tanto no puede ser utilizado para efectuar estimaciones.

La anterior situación obliga a buscar otro modelo que presente un mejor grado de explicación, razón por la cual se analiza la información mediante la utilización del modelo Logit.

6.5 MODELO LOGIT

6.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS CLIENTES POR VARIABLES CATEGORICAS

Cuadro 4. CLASIFICACIÓN DE LOS CLIENTES POR VARIABLES CATEGORICAS

VARIABLES / CATEGORIAS		No OBSERVACIONES
ESCOLARIDAD	PRIMARIA	300
	BACHILLER	64
	TECNICO	9
	UNIVERSIDAD	5
	ESPECIALIZACION	1
	NINGUNO	8
ESTADO CIVIL	SOLTERO	50
	CASADO	256
	UNION LIBRE	35
	SEPARADO	26
	VIUDO	20
TIPO DE VIVIENDA	PROPIA	302
	ARRENDADA	40
	FAMILIAR	45

Para iniciar el proceso, se efectúa la medición de la bondad del modelo calculado, para lo cual se toma como base la estadística de Hosmer – Lemeshow, ya que esta ayuda a determinar si el modelo describe adecuadamente los datos. Esta estadística es la más confiable del ajuste del modelo para la regresión logística binaria que trae el paquete SPSS porque agrega las observaciones en grupos de casos similares. Para aspectos prácticos y con el ánimo de ofrecer una mayor claridad, se puede decir que la estadística de Hosmer – Lemeshow, indica un ajuste pobre si el valor de la significación es mayor de 0.15.

Cuadro 5. PRUEBAS ÓMNIBUS SOBRE LOS COEFICIENTES DEL MODELO

		Chi-cuadrado	gl	Sig.
Paso 1	Paso	111,647	26	0,000
	Bloque	111,647	26	0,000
	Modelo	111,647	26	0,000
Paso 2(a)	Paso	-0,630	5	0,987
	Bloque	111,018	21	0,000
	Modelo	111,018	21	0,000
Paso 3(a)	Paso	-0,013	1	0,909
	Bloque	111,005	20	0,000
	Modelo	111,005	20	0,000
Paso 4(a)	Paso	-1,715	4	0,788
	Bloque	109,290	16	0,000
	Modelo	109,290	16	0,000
Paso 5(a)	Paso	-0,430	2	0,807
	Bloque	108,860	14	0,000
	Modelo	108,860	14	0,000
Paso 6(a)	Paso	-0,641	1	0,423
	Bloque	108,219	13	0,000
	Modelo	108,219	13	0,000
Paso 7(a)	Paso	-0,649	1	0,420
	Bloque	107,570	12	0,000
	Modelo	107,570	12	0,000
Paso 8(a)	Paso	-0,706	1	0,401
	Bloque	106,865	11	0,000
	Modelo	106,865	11	0,000
Paso 9(a)	Paso	-1,905	1	0,168
	Bloque	104,960	10	0,000
	Modelo	104,960	10	0,000
Paso 10(a)	Paso	-1,363	1	0,243
	Bloque	103,596	9	0,000
	Modelo	103,596	9	0,000
Paso 11(a)	Paso	-2,147	1	0,143
	Bloque	101,449	8	0,000
	Modelo	101,449	8	0,000

Por lo anterior, se puede concluir que en el último paso del modelo, se tiene un buen ajuste para la información, y las variables que conforman este modelo son las que se deben tener en cuenta para estimar las probabilidades.

En el siguiente cuadro se suministra el R^2 de Nagelkerke. Este estadístico indica que el 56.9% de las variaciones de la probabilidad de incumplimiento son explicadas por: los meses vigentes de la obligación, el número de pagos al año, los días máximos de vencimiento y el porcentaje de incumplimiento en los pagos, y cumple la misma función que el coeficiente de determinación que se utiliza en los modelos lineales de regresión. Por medio de este, se puede establecer la bondad del ajuste que se está realizando. Para el caso de estudio, el R^2 de Nagelkerke arroja un valor aceptable para el modelo ajustado en el paso número 11, que fue confirmado ya con la prueba de hipótesis de Hosmer – Lemeshow explicada anteriormente.

La función de verosimilitud puede también utilizarse para obtener un estadístico, que tiene cierta semejanza con el coeficiente de determinación calculado en la estimación lineal, conocido como “índice de coeficiente de verosimilitudes”. Este estadístico compara el valor de la función de verosimilitud de dos modelos: uno corresponde al modelo estimado que incluye todas las variables explicativas (modelo completo) y el otro sería el del modelo cuya única variable explicativa es la constante (modelo restringido). El estadístico también conocido como R^2 de McFadden ya que fue propuesto por McFadden en 1974, se define como:

$$RV = ICV = 1 - \frac{\log L}{\log L(0)}$$

Donde L es el valor de la función de verosimilitud del modelo completo (el estimado con todas las variables explicativas) y $L(0)$ es el valor correspondiente del modelo restringido (el que incluye únicamente en la estimación el término constante).

El ratio calculado tendrá valores comprendidos entre 0 y 1 de forma que:

- Valores próximos a 0 se obtendrán cuando $L(0)$ sea muy parecido a L , situación en la que nos encontraremos cuando las variables incluidas en el modelo sean poco significativas, es decir, la estimación de los parámetros β no mejora el error que se comete si dichos parámetros se igualaran a 0. Por lo que en este caso la capacidad explicativa del modelo será muy reducida.
- Cuanto mayor sea la capacidad explicativa del modelo, mayor será el valor de L sobre el valor de $L(0)$, y mas se aproximara el ratio de verosimilitud calculado al valor 1.¹¹

Cuadro 6. RESUMEN DE LOS MODELOS

Paso	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	89,344(a)	0,251	0,619
2	89,974(a)	0,249	0,616
3	89,987(a)	0,249	0,616
4	91,702(b)	0,246	0,607
5	92,132(b)	0,245	0,605
6	92,773(b)	0,244	0,602
7	93,422(b)	0,243	0,599
8	94,127(b)	0,241	0,596
9	96,032(b)	0,238	0,586
10	97,395(b)	0,235	0,580
11	99,542(b)	0,231	0,569

Definida la bondad del ajuste y confirmada la utilidad para efectuar estimaciones, enseguida se establecen las variables que deben ser incluidas y el grado de significancia que cada una de ellas presenta. Para esto el SPSS genera una salida en la que aparece la variable, el valor del parámetro, el error muestral cometido al estimar el parámetro poblacional y el grado de significancia.

¹¹ MEDINA Moral Eva. Modelos de elección discreta. 2003.

El modelo clasifica correctamente los clientes que desembolsaron créditos en un 100% de los casos, lo cual verifica que el modelo es aceptable. Por último, se consigue asignar de forma correcta en su conjunto el 95.1% (véase cuadro adjunto)

Cuadro 7. CLASIFICACION

Observado			Pronosticado		Porcentaje correcto
			y		
			0	1	
Paso 11	y	0	355	4	98,9
		1	15	13	46,4
Porcentaje global					95,1

Los valores que aparecen en las últimas cinco columnas del cuadro de enseguida, tienen una gran importancia para el análisis estadístico del modelo, ya que con ellos se establece si la variable considerada es importante o no, para establecer variaciones en la variable dependiente y en caso de serlo, el nivel de significancia está indicando que tan importante es.

Cuadro 8. VARIABLES EN LA ECUACIÓN

		B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 11(a)	MESES VIGENTES DE LA OBLIGACION	0,081	0,047	2,944	1	0,086	1,085
	VALOR DEL DESEMBOLSO	0,000	0,000	3,641	1	0,056	1,000
	NUMERO DE PAGOS AL AÑO	0,218	0,113	3,744	1	0,053	1,244
	VALOR DE LOS ACTIVOS	0,000	0,000	4,370	1	0,037	1,000
	SALDO DE LA DEUDA	0,000	0,000	2,960	1	0,085	1,000
	DÍAS MÁXIMOS DE VENCIMIENTO	0,015	0,005	10,040	1	0,002	1,015
	PASIVOS	0,000	0,000	4,233	1	0,040	1,000
	% INCUMPLIMIENTO EN LOS PAGOS	2,673	0,655	16,635	1	0,000	14,481
	Constante	-5,332	1,068	24,936	1	0,000	0,005

Bajo las anteriores situaciones, el modelo que se debe emplear para calcular la probabilidad de incumplimiento de los clientes que desembolsaron un crédito viene dada por:

