



Cláusula de cesión de derecho de publicación de tesis/monografía

Yo... CAREN BARBARA MARTINEZ LOPEZ C.I. 4065097 0r
autor/a de la tesis titulada

MODELO DE DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE PAGO DE DEUDA
DE LAS EMPRESAS INDUSTRIALES Y DE LA CONSTRUCCIÓN EN BOLIVIA

mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva
autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos
para la obtención del título de

PROGRAMA DE MAESTRIA EN ECONOMIA Y FINANZAS APLICADAS

En la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede académica La Paz.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Académica La Paz, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación a partir de la fecha de defensa de grado, pudiendo, por lo tanto, la Universidad utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en formato virtual, electrónico, digital u óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamo de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría Adjunta a la Secretaria General sede Académica La Paz, los tres ejemplares respectivos y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

Fecha. 5 DIC 2022

Firma:




UNIVERSIDAD ANDINA SIMON BOLIVAR
SEDE ACADEMICA LA PAZ

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ECONOMÍA Y FINANZAS APLICADAS

**MODELO DE DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE PAGO DE
DEUDA DE LAS EMPRESAS INDUSTRIALES Y DE LA CONSTRUCCIÓN EN
BOLIVIA**

**Tesis presentada para optar el
Grado Académico de Magister en
Economía y Finanzas Aplicadas**

MAESTRANTE: Ing. Caren Barbara Martinez Lopez

TUTOR: MSc. Rodrigo Antonio Murillo Reyes

La Paz – Bolivia

Año 2022

Dedicatoria:

A mis Sres. padres Rigoberto Martinez y Rosse Mary Lopez, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad con principios y valores, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis metas con su amor incondicional. Al mismo tiempo va dedicado a mi querido hermano Mijael por siempre otorgarme su apoyo moral.

Mil gracias familia.

RESUMEN

La información asimétrica entre los inversionistas y los bancos comerciales repercute en una asignación menor de crédito ante el riesgo de que los primeros incumplan con sus obligaciones financieras. Es así como, la identificación de los prestatarios, en cuanto a su capacidad de repago, ha sido una de las más grandes preocupaciones de las instituciones de intermediación financiera y de los estados debido a la decisiva importancia del flujo de capital hacia las actividades productivas. Aquellas economías que cuentan con sistemas financieros más profundos muestran mayores niveles de crecimiento económico.

Como el préstamo de recursos para la inversión conlleva a un riesgo para las instituciones de intermediación financiera, éstas se han venido valiendo de varios medios para incrementar la posibilidad de recuperar los recursos otorgados en préstamo. Además de la evaluación del proyecto de inversión como tal, la ausencia de un medio que permita conocer las verdaderas posibilidades de pago de una deuda, conlleva en varios casos a hacer un seguimiento permanente del deudor como por ejemplo la verificación constante de su lugar de residencia y hasta su situación matrimonial, cuestiones que podrían ser evitadas de poder contar con otros medios que entreguen información acerca de la situación financiera de una empresa como reflejo de su andamiaje.

La imposibilidad de conocer a cabalidad la situación financiera del prestatario involucra costos administrativos que posiblemente son trasladados al demandante del crédito, encareciendo el crédito y reduciendo, por tanto, su demanda.

En un escenario de estas características el sistema financiero no gana profundidad, pierde una mayor capacidad de desarrollo y el menor dinamismo crediticio resta impulso al crecimiento de la actividad económica.

Los bancos comerciales, al no contar con un instrumento que optimice la dirección óptima de los recursos financieros y ante la imposibilidad de identificar la clase de demandantes de crédito, posiblemente están contratando créditos por debajo de su disponibilidad de recursos y están incurriendo en elevados costos administrativos para monitorear el desempeño productivo y personal de sus deudores. Esta situación también va en desfavor de los posibles buenos prestatarios que podrán contar con proyectos de inversión beneficiosos para toda la sociedad. De esta manera podría estar presentándose un problema de selección adversa en la otorgación de crédito, puesto que al no contar con un instrumento que optimice la dirección del crédito hacia

ciertos clientes, ante la incertidumbre los bancos podrían estar reduciendo el volumen de crédito y también presentando problemas de cartera en mora, otra vez por un problema de identificación.

Un modelo de Score Financiero para evaluar con precisión la capacidad de pago de deuda de las empresas del sector productivo contribuye a identificar la clase de riesgo que cada demandante de crédito implica.

Para el caso de las empresas del sector productivo nacional, entre las que se encuentran las dedicadas a las industriales y la construcción, se utilizó la metodología de la regresión logística que permite estimar la probabilidad de que un cliente responda a una obligación con una entidad de intermediación financiera. Mediante esta metodología es posible cuantificar el riesgo de crédito de las empresas y establecer criterios de clasificación de riesgo de crédito antes del otorgamiento de un financiamiento que deriva en un sistema de puntuación de calidad crediticia (credit scoring), identificando los factores que determinan el estado de default de las empresas. Estos factores explicativos son ratios financieros, como los de liquidez, apalancamiento, rentabilidad, rotaciones, ciclo de negocios, entre otros, de los que depende la probabilidad de default, variable a ser utilizada como referencia de incumplimiento o de quiebra.

Del estudio econométrico resultó que la prueba ácida, el ciclo operativo y el rendimiento sobre el patrimonio explican la probabilidad de quiebra de una empresa del sector productivo en Bolivia. Es decir que, a partir de esta información financiera es posible calcular la probabilidad de que una firma responda a una obligación financiera.

Se consideraron tres casos de empresas de acuerdo con los ratios financieros. Una de ellas con situación financiera saludable, otra de ellas de riesgo medio y la tercera en posición de quiebra. El modelo pronostica acertadamente la probabilidad de Default, dados los ratios financieros relevantes.

La Matriz de Riesgo de Crédito fue determinada en base a los resultados de aplicar en todos los casos existentes en la Base de Datos de empresas con las que se estimó el modelo. Se pudo evidenciar una buena capacidad de predicción para los casos en los que efectivamente existe quiebra técnica.

Palabras clave: *Ratios financieros, sistema de intermediación financiera, credit scoring, modelo logit, probabilidad de quiebra, elección binaria, riesgo financiero.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I - ASPECTOS GENERALES	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Justificación	4
1.3. Hipótesis.....	5
1.4. Objetivos General y Específico	5
1.4.1. Objetivo General.....	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.4.3. Operacionalización de los Objetivos de Estudio	5
CAPITULO II - MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Intermediación financiera	7
2.2. Sistema Bancario.....	8
2.2.1. Servicios de Liquidez y Pago.....	8
2.2.2. Transformación de Activos	9
2.2.3. Seguimiento y Procesamiento de la Información	9
2.2.4. Gestión de Riesgos	10
2.2.4.1. Riesgo de Liquidez.....	10
2.2.4.2. Riesgo de Mercado.....	11
2.2.4.3. Riesgo de Incumplimiento	11
2.3. Información Asimétrica.....	12
2.3.1. Riesgo Moral	13
2.3.2. Selección Adversa.....	13
2.4. Cartera en Mora.....	14
2.5. Modelos de Calificación Crediticia	15
2.5.1. Credit Scoring.....	16
2.6. Conceptualización de Ratios Financieros	20
CAPITULO III - METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
3.1. Metodología	26
3.1.1. Enfoque de la Investigación.....	26
3.1.2. Tipo de Estudio.....	26
3.1.3. Método de Investigación.....	26
3.1.4. Delimitación	26
3.1.4.1. Espacio	26
3.1.4.2. Tiempo.....	26

3.1.4.3. Universo.....	27
3.1.4.4. Viabilidad	28
3.1.5. Diseño de Investigación.....	28
3.1.6. Recolección de la Información.....	28
3.1.6.1. Tratamiento de la Información.....	29
3.2. Modelos de Elección Binaria	30
3.3. El Modelo Lineal de Probabilidad.....	31
3.4. Modelo Logit para el Cálculo de la Probabilidad de Default	33
CAPÍTULO IV - PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	35
4.1. Estimación del Modelo Logístico para el Cálculo de la Probabilidad de Default en Empresas del Sector Productivo	35
4.2. Cálculo de Ratios Financieros.....	37
4.3. Análisis Bivariado de los Datos	38
4.3.1. Dispersogramas	39
4.3.2. Análisis de Correlación	41
4.4. Estimación del Modelo Logit	43
4.4.1. Pruebas Estadísticas	44
4.4.2. Análisis de los resultados	46
4.4.3. Pasos para Determinar el Nivel de Riesgo según Modelo Propuesto	49
4.4.3.1. Ejemplo.....	50
4.4.3.2. Predicción de Default	51
4.5. Relación entre las Calificaciones de Riesgo y Razones Financieras.....	52
4.5.1. Análisis de los datos	52
4.5.2. Análisis de correlación.....	53
4.5.3. Estimación del Modelo Logit Multinomial	56
4.5.4. Análisis de cambios de probabilidad para calificaciones.....	57
4.6. Conclusiones y Recomendaciones	60
4.6.1. Conclusiones.....	60
4.6.2. Recomendaciones.....	61
Bibliografía.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de los Objetivos de Estudio.....	6
Tabla 2 Conceptualización de Ratios Financieros	20
Tabla 3 Codificación y Cálculo de Ratios financieros.....	37
Tabla 4 Matriz de correlaciones entre el Ratio de Solvencia (R21) y Ratios Financieros	42
Tabla 5 Matriz de correlaciones entre el Ratio de Solvencia (R21) y Ratios Financieros	42
Tabla 6 Matriz de correlaciones entre el Ratio de Solvencia (R21) y Ratios Financieros	43
Tabla 7 Modelo Logit para la Estimación de la Probabilidad de Quiebra	43
Tabla 8 Prueba de Autocorrelación de los Residuos.....	44
Tabla 9 Prueba de Homocedasticidad de White de los Residuos	45
Tabla 10 Prueba de Normalidad de los Residuos	46
Tabla 11 Modelo Logit para la Estimación de la Probabilidad de Quiebra.....	46
Tabla 12 Modelo Logit para la Estimación de la Probabilidad de Quiebra Odds-Ratio.....	47
Tabla 13 Cálculo de la Probabilidad de Quiebra	48
Tabla 14 Efectos Marginales	48
Tabla 15 Medidas de bondad de ajuste	49
Tabla 16 Matriz de Riesgo de Crédito.....	50
Tabla 17 Resultados de predicción de Default.....	51
Tabla 18 Calificaciones de Riesgo.....	52
Tabla 19 Correlaciones entre Solvencia (R1) y Ratios Financieros para Rating = 1	53
Tabla 20 Correlaciones entre Solvencia (R1) y Ratios Financieros para Rating =2	54
Tabla 21 Correlaciones entre Solvencia (R21) y Ratios Financieros para Rating =3	54
Tabla 22 Correlaciones entre Solvencia (R21) y Ratios Financieros para Rating =1	54
Tabla 23 Correlaciones entre Solvencia (R21) y Ratios Financieros para Rating =2	55
Tabla 24 Correlaciones entre Solvencia (R21) y Ratios Financieros para Rating =3	55
Tabla 25 Modelo Logit Multinomial	56
Tabla 26 Test de significancia global de los estimadores	57
Tabla 27 Probabilidad Cambio de Rating respecto a Prueba Ácida (R2)	57
Tabla 28 Probabilidad Cambio de Rating respecto a Ciclo Operativo (R7)	58
Tabla 29 Probabilidad Cambio de Rating respecto a Gtos.Adm./Gtos.Oper. (R9)	58
Tabla 30 Probabilidad Cambio de Rating respecto a Pasivo/Patrimonio (R12).....	59
Tabla 31 Probabilidad Cambio de Rating respecto a Rendimiento sobre Activos (R17)	59
Tabla 32 Anexo - Listado de Empresas Objeto de Estudio	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Dispersograma entre Ratio de Solvencia (R21) y Prueba Ácida (R2)	39
Gráfico 2 Dispersograma entre Ratio de Solvencia (R21) y Rotación Ctas. por Cobrar (R3)....	39
Gráfico 3 Gráfico 3 Dispersograma entre Ratio de Solvencia (R21) y Ciclo Operativo (R7)	40
Gráfico 4 Dispersograma entre Ratio de Solvencia (R21) y ROA (R17)	41
Gráfico 5 Dispersograma entre Ratio de Solvencia (R21) y ROE (R18)	41
Gráfico 6 Dispersograma entre los Residuos de la Regresión y el Primer Rezago	44
Gráfico 7 Dispersograma Varianza de Residuos de la Regresión y Prueba Ácida (R2)	45

INTRODUCCIÓN

La intermediación financiera juega un rol determinante en el crecimiento económico de los países, debido a que canaliza el ahorro a la inversión, actividad que, en ausencia de intervenciones y en condiciones de competencia asegura la asignación eficiente de recursos. En el caso boliviano destaca ampliamente el papel de las entidades bancarias debido a que son quienes captan la mayor parte del ahorro de las personas y destinan los recursos en préstamos a los prestatarios.

En este mercado, los intermediarios financieros y los prestamistas no cuentan con la misma información, lo que repercute en los volúmenes de colocaciones y las tasas a la cuales estas son provistas, ante el riesgo de incumplimiento. En general, la cantidad de colocaciones se sitúan por debajo de las de mercado y la tasa refleja una mayor prima por riesgo que contrae la demanda del crédito e inversión y por tanto la demanda agregada de la economía, con impactos negativos sobre el producto.

Una metodología aconsejable para lidiar con la problemática de la asimetría en la información es la regresión logística que permite predecir con antelación si un cliente que solicita un préstamo a un banco cuenta con la capacidad de cumplir con la obligación financiera que desea contraer.

A partir de esta metodología, es posible cuantificar el riesgo de crédito de las empresas, como parte del mecanismo decisorio, evaluando la calidad crediticia por medio de la identificación de factores que determinan el estado de default de las empresas que resultan en un sistema de calificación o credit scoring. En el caso del trabajo, estos factores explicativos son ratios financieros, como liquidez, apalancamiento, rentabilidad, rotaciones, ciclo de negocios, entre otros, los cuales aportan información acerca de la probabilidad de default, variable a ser utilizada como referencia de incumplimiento o de quiebra.

El objetivo es estimar la probabilidad de pago de deuda de las empresas industriales y de la construcción en Bolivia a partir de su estado de situación financiera, expresada en sus ratios financieros. Éstos aportan información de consideración. Por ejemplo, a partir de los mismo es posible conocer la rentabilidad respecto al patrimonio o los activos, el ciclo de negocios, o la capacidad de generar recursos líquidos en el corto plazo, entre otros. Todos estos factores aportan información acerca de la capacidad de una firma para responder a sus obligaciones de deuda.

El documento está compuesto de la siguiente manera: en el Capítulo I se describen los Aspecto Generales, tales como el objetivo del trabajo, el planteamiento del problema, la justificación del tema de tesis, los objetivos, la hipótesis y el alcance de la investigación. El Capítulo II está compuesto por el Marco Teórico, en el cual se ahonda las características del sistema financiero, la importancia de su profundidad y de la intermediación financiera como actividad que capta recursos y otorga préstamos. Posteriormente, en el Capítulo III, se presenta la metodología de la investigación, la estimación de la probabilidad de pago mediante un modelo Logit y se define umbrales, a partir de los cuales se establece cuando una solicitud de crédito podría considerarse riesgosa, en el Capítulo IV se desarrolla la propuesta de mejoramiento donde se expone el modelo logit de credit scoring para la determinación de default de un prestatario.

CAPITULO I - ASPECTOS GENERALES

1.1. Antecedentes

El sistema de intermediación financiera es el conjunto de instituciones, instrumentos, mercados y activos que tienen como objetivo canalizar el ahorro de los agentes económicos hacia las empresas y familias que demandan recursos para llevar a financiar operaciones de inversión y de consumo.

En este ámbito destacan los bancos como las principales instituciones de intermediación financiera, debido principalmente a la especialización que tienen para captar ahorros para financiar proyectos de inversión de diferente magnitud y a plazos variables. Por otra parte, en economías en desarrollo, dado el incipiente desarrollo de otras instituciones de intermediación financiera, como los mercados de valores, se constituyen como las principales entidades de intermediación.

En este sentido, en economías de menor envergadura, destaca el papel de la intermediación financiera bancaria en el crecimiento económico y en la generación de empleo, debido a que facilitan la asignación de recursos hacia los proyectos de inversión más lucrativos.

La intermediación financiera está sujeta a una serie de riesgos, propios de una actividad de esta índole. El principal es el riesgo de crédito que surge cuando el prestatario incumple un compromiso financiero traducido en el pago del capital e interés en los plazos pactados en el contrato de crédito.

La salud del sistema financiero es una medida de la estabilidad de una economía y ésta responde, entre otras cosas, a la capacidad de recuperación de cartera. La presencia de cartera en mora y, más aún, la irrecuperabilidad, son eventos derivados de una deficiente asignación de recursos en crédito por parte de los bancos, posiblemente por no contar con un instrumento que les permita discriminar entre proyectos solventes e insolventes. Por esta razón, es necesaria una adecuada evaluación de las solicitudes de crédito a partir de la salud financiera de los solicitantes.

Las evaluaciones son realizadas con la mejor información disponible en base a la capacidad de flujo de recursos de los prestatarios. Asimismo, se consideran los activos que puedan respaldar la operación crediticia, como el patrimonio del solicitante o los colaterales que pueda ofrecer.

Otros recursos que utilizan los bancos, para asegurar la devolución de los préstamos, consiste en seguimientos permanentes a los deudores con elevados costos administrativos,

compra de información externa de parte de burós de información, recopilación de antecedentes personales, etc.

Sin embargo, estas políticas no resuelven el problema de la información asimétrica, debido a que no es posible conocer con certeza si el prestatario oculta información referida a la generación de recursos y su capacidad de pago, el nivel real de riesgo del proyecto de inversión u otras características no observables.

Debido a lo anterior, los bancos incurren en una serie de costos administrativos para soslayar esta problemática, que, no obstante, continúa estando latente.

La imposibilidad de discriminar entre buenos y malos clientes podría estar ocasionando, que proyectos solventes puedan no estar siendo atendidos, lo que provoca ineficiencia en el mercado de crédito. Este hecho que, puede parecer un error de evaluación, a nivel agregado impide una mayor profundización financiera y crecimiento económico.

Frente a esta problemática, se presenta un mecanismo alternativo de evaluación crediticia consistente en la estimación de la probabilidad de incumplimiento a través de un modelo Logit, que permite estimar la probabilidad de presentar una situación de quiebra y a partir de ello establecer criterios de clasificación del riesgo de crédito, mediante un sistema de puntuación de calidad crediticia o credit scoring que permite identificar el riesgo inherente a cada demandante de crédito, que en este caso son empresas del sector industrial y de la construcción de Bolivia.

1.2. Justificación

La ausencia de un medio que permita identificar a profundidad la situación financiera de una firma repercute en niveles de crédito por debajo de los de mercado y en tasas sobre préstamos por encima de las que prevalecerían si las entidades de intermediación financiera no tendrían que protegerse ante el riesgo por incertidumbre. Esta situación de contracción de las colocaciones se refleja en un menor dinamismo de la demanda agregada, la actividad y el empleo. Además de ello, al no poder discriminar entre clientes solventes e insolventes, los recursos no son asignados de manera eficiente.

En cambio, la asignación del crédito es más eficiente si se puede conocer con antelación la probabilidad de pago de deuda de una firma, a partir del conocimiento de su situación financiera, dada a conocer por una serie de ratios financieros que dan cuenta de su rentabilidad, calidad de su manejo operativo y administrativo, productividad, capacidad de atender obligaciones crediticias de diferentes plazos, entre otros.

Como se trata de la medición de la probabilidad de cumplimiento de una obligación financiera, a partir de la estimación de una probabilidad, el método es cuantitativo.

Como resultado del trabajo econométrico se llegará a conocer, el grado en el cual cada uno de los indicadores financieros influye en la probabilidad de responder al endeudamiento adquirido con una institución de intermediación financiera.

Si bien el modelo será estimado con datos de una serie de tiempo, el mismo podrá ser ajustado para futuras evaluaciones, cuando el contexto económico e institucional lo requiera.

1.3. Hipótesis

Los ratios financieros de rendimiento sobre el patrimonio, de razón circulante y de ciclo de negocios son los factores determinantes de la probabilidad de incumplimiento de las empresas pertenecientes al sector industrial y de la construcción.

1.4. Objetivos General y Específico

1.4.1. Objetivo General

El objetivo general del trabajo es construir un sistema de puntuación de calidad crediticia o credit scoring para las empresas industriales y de la construcción en Bolivia.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Plantear una metodología alternativa en el sistema bancario boliviano para la evaluación crediticia.
- Determinar los ratios financieros que mayormente determinan el riesgo de incumplimiento de las empresas del sector industrial y la construcción.
- Determinar la relación entre las calificaciones de riesgo y los ratios financieros.

1.4.3. Operacionalización de los Objetivos de Estudio

Con base en los objetivos anteriormente descritos se desarrolla la siguiente tabla:

Tabla 1*Operacionalización de los Objetivos de Estudio*

Objetivos Específicos	Variabes	Dimensiones	Instrumento de Recolección de Datos
Plantear una metodología alternativa en el sistema bancario boliviano para la evaluación crediticia.	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados financieros • Solvencia • Quiebra 	<ul style="list-style-type: none"> • Ratios financieros • Nivel de solvencia • Determinación de situación de quiebra. 	Recolección de información de estados financieros
Determinar los ratios financieros que mayormente determinan el riesgo de incumplimiento de las empresas del sector industrial y la construcción.	<ul style="list-style-type: none"> • Solvencia • Default 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de solvencia • Determinación de situación de quiebra. 	Recolección de información de estados financieros
Determinar la relación entre las calificaciones de riesgo y los ratios financieros.	<ul style="list-style-type: none"> • Riesgo • Resultados financieros 	<ul style="list-style-type: none"> • Calificaciones riesgo 	Recolección de información de estados financieros

Nota: Elaboración propia.

CAPITULO II - MARCO TEÓRICO

2.1. Intermediación financiera

La intermediación financiera es el sistema conformado por instituciones, instrumentos, mercados y activos que tienen como propósito dirigir el ahorro de los agentes económicos con superávit a los agentes económicos con déficit, posibilitando que el ahorro pueda financiar proyectos de inversión para las empresas y consumo para las familias.

De acuerdo con Freixas y Rochet (2008), “Las instituciones financieras pueden verse como coaliciones de prestamistas o prestatarios individuales que explotan economías de escala o economías de alcance en la tecnología de transacciones. Sin embargo, la principal razón que justifica la existencia de la intermediación financiera son los costos de transacción”.

Según Mishkin (2014), “Este sistema es complejo en su estructura y función debido a la diversidad de productos que ofrece en el mercado. Incluye diversos tipos de instituciones como bancos, fondos de inversión, mercados de acciones y bonos, compañías de seguros entre otros, los cuales son sujetos de regulación por parte del gobierno”.

Asimismo, al ponderar la importancia del sistema financiero, señala que “...una economía saludable y boyante requiere un sistema financiero que mueva fondos desde las personas que ahorran hasta los individuos que tienen oportunidades de inversión productivas”. En este sentido, los mercados e instituciones financieras, al promover desplazamientos de crédito a proyectos rentables, influyen en el crecimiento a largo plazo de la economía.

Como afirma Merton (1993), “Un sistema financiero bien desarrollado y que funcione sin problemas facilita la asignación eficiente del consumo de los hogares durante el ciclo de vida y la asignación eficiente del capital físico para su uso más productivo en el sector empresarial”.

En este sentido Galetovic (1994), luego de una revisión de los trabajos relacionados a crecimiento económico e instituciones financieras, concluye que “existe evidencia razonable que respalda la creencia de que los intermediarios financieros afectan el crecimiento a largo plazo, incluso en las economías en desarrollo”.

Este hecho obedece a que la intermediación financiera facilita la negociación de transacciones financieras al reducir costos de información. Asimismo, logra diversificar el riesgo de los ahorristas y como consecuencia de la evaluación de créditos promueve la asignación eficiente de los recursos promoviendo el uso óptimo de la inversión.

En este sentido, la intermediación financiera juega un rol importante en las economías en desarrollo, donde los bancos resaltan como las instituciones financieras con mayor presencia debido al incipiente desarrollo de los mercados de valores.

2.2. Sistema Bancario

De acuerdo con Freixas y Rochet (2008), “Un banco es una institución cuyas operaciones corrientes consisten en otorgar préstamos y recibir depósitos del público”.

La principal característica de la banca comercial radica en la recepción de depósitos de sus clientes o proveedores, con los cuales financian una proporción significativa de los préstamos que ofrecen. Por otra parte, estas operaciones, al ser corrientes, definen como la principal actividad de estas entidades.

Sin embargo, el hecho de tener como principal fuente de financiamiento los depósitos del público, explica la fragilidad del negocio bancario y la justificación de la regulación bancaria.

Por otra parte, la captación de depósitos del público en general deriva en la prestación de servicios de liquidez y medios de pago, para lo cual es necesario que los bancos puedan demostrar su seguridad y solidez en el manejo y cuidado de dichos recursos, por lo cual se hace necesaria la intervención pública en dichas actividades.

Siguiendo a Freixas y Rochet (2008), las funciones bancarias se pueden clasificar en cuatro categorías principales:

- Servicios de servicios de liquidez y pago
- Transformación de activos
- Procesamiento de información y seguimiento de prestatarios
- Gestión de riesgos

2.2.1. Servicios de Liquidez y Pago

Referida a la posibilidad que un depósito realizado en una entidad bancaria pueda, de manera oportuna y conveniente, convertirse en dinero u otro activo líquido a requerimiento del cliente.

Por otra parte, los sistemas de pago modernos son redes que permiten la transferencia de fondos entre cuentas bancarias de los agentes económicos de una manera eficiente y segura, evitando costos de transacción.

2.2.2. Transformación de Activos

La transformación de activos comprende a tres características propias de las operaciones bancarias: conveniencia de denominación, transformación de calidad y transformación de madurez.

De acuerdo con Freixas y Rochet (2008), la conveniencia de denominación se refiere al hecho de que el banco elige el tamaño unitario (denominación) de sus productos (depósitos y préstamos) de una manera que sea conveniente para sus clientes. Esta función resulta relevante en el mercado financiero cuando la sumatoria de pequeños ahorristas financian grandes préstamos a través del sistema bancario. En este caso hay un proceso de optimización y eficiencia entre las pequeñas denominaciones de las captaciones y las grandes denominaciones de las colocaciones, aunque esto puede variar en función a los productos que ofrezca la entidad bancaria a sus clientes.

La transformación de la calidad ocurre porque los depósitos bancarios son colocados en una amplia cartera de préstamos, posibilitando una diversificación de riesgo para el ahorrista, debido a la mejor información que posee el banco, ofreciendo mejores características de riesgo y rendimiento que de otra manera pudieran obtenerse con inversiones directas.

Finalmente, debido a la enorme cantidad de captaciones y colocaciones que realizan las entidades bancarias, es posible que éstas transformen vencimientos cortos en los depósitos a vencimientos largos en los créditos. Sin embargo, esta operación es susceptible a retiro masivos de depósitos en un momento en que los mismos no están disponibles por la diferencia de plazo mencionada. Sin embargo, se han desarrollado instrumentos que limitan este riesgo como préstamos interbancarios e instrumentos financieros derivados.

2.2.3. Seguimiento y Procesamiento de la Información

Como consecuencia de la otorgación de créditos, las entidades bancarias enfrentan problemas de información asimétrica respecto a los prestatarios. En este sentido, además de las regulaciones de la autoridad, tienden a desarrollar mecanismos y tecnología que les permita seleccionar de la mejor manera a los solicitantes de préstamos, monitorear sus proyectos y tratar de pronosticar el desempeño de los pagos de las obligaciones. Sin embargo, estas acciones serán tratadas con mayor detalle en las siguientes secciones.

Como consecuencia de este seguimiento a los créditos, los bancos desarrollan relaciones de largo plazo con sus clientes, lo que les permite reducir los inconvenientes que ocasiona el

riesgo moral y la selección adversa. Ésta es una de las principales características de la banca frente a otro tipo de intermediación financiera, como por ejemplo la emisión de valores o bonos en los mercados financieros.

2.2.4. Gestión de Riesgos

Finalmente, una de las principales funciones de la banca moderna es la gestión de riesgos, la cual es una característica inevitable del otorgamiento de créditos, debido a la incertidumbre que implica su administración. Asimismo, la gestión de depósitos y contratos fuera de balance, también son gestionados bajo este enfoque.

La clasificación tradicional clasifica los riesgos en dos grupos: riesgos sistémicos o macroeconómicos e idiosincráticos o microeconómicos.

Los riesgos sistémicos se originan en el comportamiento de la economía y están relacionados con la evolución del producto, la política monetaria, la política cambiaria, marco normativo, seguridad jurídica, contexto internacional, etc.

Los riesgos idiosincráticos se relacionan con la administración y funcionamiento interno del banco y éstos pueden ser gestionados internamente, en el marco de la regulación bancaria y las recomendaciones de buenas prácticas en esta industria.

Asimismo, dichos riesgos pueden mitigarse por medio de la ley de los grandes números a través de la diversificación de cartera, captación de depósitos a diferentes plazos, diferentes denominaciones, tipos de productos y servicios, etc.

La teoría de administración bancaria define tres tipos de riesgo a los cuales enfrentan estas entidades financieras: riesgo de liquidez, riesgo de mercado y riesgo de incumplimiento; empero Freixas y Rochet (2008) mencionan también a las operaciones fuera de balance.

2.2.4.1. Riesgo de Liquidez

El riesgo de liquidez ocurre cuando un banco no puede responder oportunamente a los retiros de los depósitos de corto plazo, los cuales pueden ser reclamados en cualquier momento. Si existe un retiro masivo e imprevisto de dichas obligaciones, la estabilidad del banco puede comprometerse considerablemente.

Los problemas de liquidez de un banco pueden extenderse a otras entidades debido a un efecto contagio de desconfianza de los depositantes, originando a lo que se denomina riesgo sistémico. La regulación financiera ha establecido al menos tres mecanismos para enfrentar

estos potenciales problemas: coeficiente de reservas, seguimiento de depósitos y prestamista de última instancia.

2.2.4.2. Riesgo de Mercado

El comportamiento de tasas de interés, tipos de cambio, cotizaciones de títulos valores, entre otras variables que dependen del mercado, afectan el desempeño de los activos y pasivos negociables de los bancos, pudiendo generar pérdidas y afectar a su estabilidad.

Frente a este potencial riesgo, se recomienda la diversificación de cartera a diferentes sectores y regiones de manera que la administración pueda gestionar los riesgos derivados y, en caso necesario, ajustar la constitución de provisiones.

2.2.4.3. Riesgo de Incumplimiento

Para comprender adecuadamente el riesgo de incumplimiento o riesgo de crédito, dada la relevancia para el presente trabajo, se hace necesaria ex ante la definición del crédito.

En términos genéricos, el crédito es una operación de empréstito que consiste en el cambio de una prestación presente por una contraprestación futura. El prestamista gana a cambio una tasa de interés y el prestatario puede contar con recursos para operaciones de inversión o consumo en el corto, mediano y largo plazo.

La otorgación de crédito es una de las principales operaciones de las entidades bancarias, junto con las captaciones, y en términos económicos, provee capital a las empresas, facilita la disponibilidad de recursos a los demandantes, agrega fondos de pequeños ahorristas en grandes capitales para financiar proyectos de inversión, generando eficiencia económica y resolviendo problemas de asimetría de la información.

El precio del mercado de crédito lo constituye la tasa de interés, sin embargo, la cantidad demandada y ofertada también está determinada por otros factores, como el flujo de fondos de los prestatarios, colaterales, expectativas económicas y riesgo de inversión.

Bajo esta definición, se entiende por riesgo de incumplimiento o riesgo de crédito a la imposibilidad de un prestatario de devolver el capital y pagar los intereses de la deuda al prestamista en los tiempos acordados.

Para medir el riesgo de crédito, se debe estimar la probabilidad de incumplimiento de la deuda por parte de los prestatarios. Entre las medidas que contribuyen a gestionar dicho riesgo se encuentra la diversificación y cobertura de cartera que existe en el mercado financiero. Sin

embargo, dicha probabilidad puede incrementarse debido a la concentración de créditos en determinados sectores o regiones por encima del promedio de los préstamos otorgados.

Sin embargo, el marco normativo y la administración bancaria habitualmente establecen a través de regulaciones y políticas internas requisitos y límites referidos a garantías, saldos compensatorios, avales, etc. En este sentido, la entidad bancaria cubre la probabilidad de incumplimiento de deuda mediante reservas preventivas y constitución de provisiones a través de su capital patrimonial o utilidades. Sin embargo, este riesgo permanece latente, pese a estas medidas preventivas, debido a las características mismas del crédito.

Por otra parte, la asimetría de información, principalmente de los bancos respecto a los prestatarios, es una característica habitual en el giro del negocio y diferencia el mercado de crédito de los mercados de bienes y servicios, lo cual constituye la principal fuente de riesgo de incumplimiento.

2.3. Información Asimétrica

La imposibilidad de discriminar, ex ante, con precisión a los prestamistas que están dispuestos a cumplir con sus obligaciones de aquellos que no lo están o no tendrán las posibilidades de estarlo, dificulta la evaluación completa de un crédito. Por otra parte, tampoco se tiene certeza que los recursos solicitados vayan a ser destinados para el propósito para el cual fueron solicitados. Esta falta de información de una de las partes se denomina “información asimétrica”.

Este hecho se debe a que no se puede contar con toda la información necesaria para evaluar adecuadamente una solicitud de crédito, debido a los costos de recopilación o la imposibilidad de recolección de datos. Por este motivo, las decisiones para la otorgación de créditos se realizan con la mejor información posible y disponible. En la medida que ésta sea más amplia, dichas decisiones tendrán menor probabilidad de error.

“La diferencia de información existe en casi todos los niveles de la actividad bancaria y de la regulación del sector; se manifiesta en las relaciones entre depositantes y bancos; bancos y prestatarios; y regulador, bancos y público. Esta asimetría de información crea incentivos que la parte más informada utilice esa ventaja en beneficio propio” Kreps (1990).

La información asimétrica origina dos tipos de problemas en la actividad bancaria: el riesgo moral y la selección adversa.

2.3.1. Riesgo Moral

El riesgo moral surge cuando en un acuerdo, una de las partes puede beneficiarse adoptando medidas no previstas por el contrato original. Dornbusch y Fischer (1994).

El riesgo moral puede provenir, tanto de los bancos, como de los prestatarios. En el caso de los bancos, éstos pueden colocar créditos por encima de las reservas, exponiéndose a corridas bancarias y poniendo en riesgo los ahorros de los depositantes. Por su parte, los prestatarios pueden usar el crédito en actividades diferentes a las cuales declararon en la solicitud. En este caso, dicha actividad no fue evaluada ni declarada por ser más riesgosa a la reportada, incrementando la probabilidad de incumplimiento de deuda.

2.3.2. Selección Adversa

De acuerdo con Mishkin (2014), “La selección adversa en los mercados financieros ocurre cuando los potenciales prestatarios que, tienen más probabilidad de generar un resultado indeseable (adverso), son quienes buscan más activamente un préstamo y, por lo tanto, tienen más probabilidad de resultar seleccionados”.

Este riesgo puede incrementarse por efecto del aumento de las tasas de interés. En este caso, los costos de inversión se elevan y muchos proyectos solventes dejan de solicitar créditos, dando lugar a los clientes con mayor riesgo de incumplimiento.

La reducción de información asimétrica reduce el problema de selección adversa en el mercado financiero, al proveer a los prestamistas detalles respecto a las empresas o personas que buscan financiar sus actividades de inversión o consumo.

Una solución lógica es la producción de información por parte de agentes privados, para su venta a los prestamistas. Sin embargo, esta solución puede resultar costosa por las dificultades para su recolección y especialización para su procesamiento.

En este sentido, Mishkin (2014) señala que un intermediario financiero, como un banco, se convierte en experto en la producción de información acerca de empresas, de modo que es capaz de distinguir entre los riesgos crediticios altos y bajos. Entonces, puede adquirir fondos de depositantes y prestarlos a las empresas que merecen tomar créditos. Puesto que el banco prestaría básicamente a empresas saludables, en términos financieros, obtendría un mayor rendimiento sobre sus préstamos que el interés que tiene que pagar a sus depositantes. La utilidad resultante que percibe el banco le da el incentivo para involucrarse en esta actividad de producción de información.

Además de la intermediación financiera, dicho autor también señala como herramientas que mitigan los potenciales problemas de información asimétrica la regulación gubernamental, garantías colaterales y patrimonio neto.

La regulación gubernamental puede crear mecanismos para que las empresas revelen información honesta respecto de sí mismas, de manera que los prestamistas puedan juzgar la conveniencia de financiar sus proyectos. Usualmente este mecanismo se materializa en los mercados de valores, donde las empresas participantes están obligadas a la publicación de su información auditada; sin embargo, esta solución es limitada en economías emergentes, donde los mercados de valores están poco desarrollados.

El principal problema con la selección adversa está relacionado con el riesgo de crédito, debido a que cuando un prestamista no puede realizar los pagos del préstamo e incumple con sus obligaciones, ocasiona pérdidas al prestamista, debido a que los fondos de dicho préstamo provienen de los ahorros de los depositantes, pudiendo ocasionar problemas en el sistema bancario. Una alternativa para gestionar este riesgo es la garantía colateral que se puede exigir al prestatario en el contrato de préstamo, la cual puede ser ejecutada ante el incumplimiento de la obligación de manera de compensar las pérdidas emergentes.

Finalmente, el patrimonio neto o capital contable del prestatario juega un papel similar a la garantía. Ante un incumplimiento del deudor, el prestamista podría tomar posesión de este y monetizarlo a fin de mitigar los efectos del incumplimiento. Por otra parte, un prestatario con un patrimonio significativo hace menos probable que asuma operaciones riesgosas que ocasionen incumplimientos de las obligaciones, lo cual de alguna manera también se constituye en una garantía ante el crédito.

2.4. Cartera en Mora

Un crédito es clasificado en mora cuando el prestatario incumple con los pagos de los intereses o el principal en los plazos pactados en el contrato de préstamo. La acumulación de la cartera en mora puede, al deteriorar la calidad de los activos, ocasionar problemas de liquidez y rentabilidad en los bancos, debido a que sus utilidades dependen de los ingresos derivados de los préstamos otorgados.

El deterioro en la calidad de la cartera genera una acumulación de pérdidas ocasionando un deterioro patrimonial. Cuando dicho deterioro supera el capital de los accionistas del banco, se comienza a utilizar el dinero de los ahorristas, ocasionando inestabilidad financiera, la cual puede determinar una crisis bancaria.

Entre otros factores como la volatilidad del tipo de cambio, el dinamismo de la actividad, la estabilidad macroeconómica y el nivel de tasas de interés, el deterioro de la cartera es impulsado por la calidad de esta, como también por la conducta tomadora de riesgos por parte de los bancos.

Un desacertado manejo gerencial y una mala selección de créditos se traducen en problemas de selección adversa que pueden decantar en incumplimiento de pagos.

2.5. Modelos de Calificación Crediticia

A partir del acuerdo de Basilea II, la regulación bancaria busca mejorar la seguridad y solidez del sistema bancario a través de la gestión de riesgo y capital y se basa en tres pilares: requisitos mínimos de capital, revisión de supervisión y disciplina de mercado.

El primer pilar comprende la medición y gestión de riesgos que incluyen riesgo de crédito y riesgo de mercado entre otros, a través de modelos sofisticados desarrollados internamente.

Propone dos enfoques de riesgo de crédito y ponderaciones de riesgo: el enfoque estandarizado y el enfoque basado en calificaciones internas (IRB por sus siglas en inglés)¹.

El primero está diseñado para ser aplicado por todos los bancos y se caracteriza porque las ponderaciones de riesgo están asociada a determinadas categorías. La ponderación de riesgo es definida por una calificadora externa.

Las calificaciones internas inciden en el uso de la información recopilada y procesada por la entidad bancaria. El objetivo es construir una base de información razonable que permita a la entidad financiera tomar decisiones adecuadas respecto a las solicitudes de crédito.

De acuerdo con Bolton (2009), el requisito básico para tener una evaluación razonable del riesgo de crédito es tener una estimación confiable de la distribución de probabilidad de incumplimiento² para cada tipo de activo crediticio o la probabilidad que no se rembolsa un préstamo.

1 El principal impulso de las calificaciones internas fue dado por Basilea II. En Basilea III aclara que los modelos internos deberían permitir una medición de riesgos más precisa que los métodos estándar diseñados por los supervisores. Aclara que determinados tipos de activos, como las exposiciones con riesgo de incumplimiento bajo, no pueden modelizarse de forma fiable y sólida. Las reformas introducen restricciones sobre las estimaciones que realizan los bancos al utilizar modelos internos con fines de capital regulador y, en determinados casos, eliminan la posibilidad de emplear dichos modelos.

2 Según los requisitos de Basilea II, la pérdida esperada se estima utilizando cuatro componentes:

- Probabilidad de incumplimiento (PD), que será el foco de este estudio
- Pérdida en caso de incumplimiento (LGD)
- Exposición al incumplimiento (EAD) y
- Vencimiento de exposiciones (M)

Si se asume un enfoque de función de frecuencia para la estimación de la probabilidad, la función de densidad de probabilidad debe estimarse en función de los datos para poder estimar la probabilidad de incumplimiento. Para este propósito, se pueden utilizar varias técnicas para encontrar la estimación de las probabilidades, las cuales serán expuestas posteriormente.

La probabilidad de incumplimiento es un componente principal de la provisión de riesgo de crédito. La estimación de la probabilidad de incumplimiento también se conoce como calificación crediticia o credit scoring.

2.5.1. Credit Scoring

Credit scoring o calificación crediticia son los procedimientos y métodos matemáticos y estadísticos aplicados para clasificar a las solicitudes de crédito, ya sean de nuevos o antiguos clientes, en base a información recolectada por la entidad financiera, historial crediticio y fuentes externas de información. Dicha clasificación categoriza a las solicitudes en dos tipos de riesgo: bueno y malo, Rayo, Lara y Camino, (2010).

Por su parte, Bolton (2009) sostiene que “El credit scoring es un mecanismo que se utiliza para cuantificar los factores de riesgo relevantes para la capacidad y voluntad de pago de un deudor a partir de la estimación previa de los factores que explican la probabilidad de incumplimiento. El credit scoring se ha convertido en la norma en la banca moderna, debido a la gran cantidad de solicitudes recibidas a diario y al aumento de los requisitos regulatorios para los bancos.”

El principal objetivo del credit scoring es estimar el comportamiento del crédito, en el momento en que se evalúa la solicitud de préstamo, hasta su vencimiento. Para lograr dicho cometido, se emplean modelos predictivos de comportamiento de pago a través de puntuaciones que miden el riesgo de cada cliente o de la operación.

Sin embargo, el modelado de un credit scoring es un análisis multivariado que considera un conjunto complejo de información requerida, además de la técnica estadística, conocimientos específicos del negocio bancario y experiencia para tener resultados exitosos.

En este sentido, el autor antes mencionado, sostiene que el objetivo del modelado del credit scoring es construir un único indicador de riesgo agregado para un conjunto de factores de riesgo. El indicador de riesgo indica el nivel de riesgo crediticio ordinal o cardinal del deudor, para lo cual es necesario considerar los siguientes problemas.

Para la construcción de un modelo de credit scoring, se deben seguir los siguientes pasos, Bolton, (2009):

1. Definición del Objetivo

Se debe establecer para qué se utilizará el modelo para poder definir adecuadamente la técnica a utilizarse, las variables dependientes a ser consideradas y la elección de la variable dependiente.³

2. Definición de la Variable Dependiente

El riesgo de incumplimiento se entiende como la incertidumbre generada por la capacidad de pago de un deudor de una obligación contraída con la entidad bancaria. Este riesgo se mide a través de la probabilidad de incumplimiento de la obligación de crédito en un periodo de tiempo, lo que decanta en un problema dual: definición de morosidad y definición del periodo de tiempo para ser caracterizado como moroso que habitualmente se conoce como periodo de resultado.

En el modelaje de credit scoring, se caracteriza a las variables dependiente como dicotómica. El cero se denomina “evento” y el uno como “no evento”, siendo ésta última la que define un incumplimiento. La variable dependiente también se denomina resultado y el análisis se concentrará en la predicción de incumplimiento.

3. Datos, Segmentación y Muestreo

Los requisitos de datos que deben considerarse para el desarrollo del modelo son los siguientes:

- i. Experiencia crediticia histórica. En el desarrollo de un sistema de puntuación, se requiere considerar el análisis de decisiones pasadas referidas a la otorgación de créditos. Si no se cuentan con datos históricos, no es factible generar algún sistema de puntuación.
- ii. Retención de datos. En este sentido, la información histórica de las decisiones de créditos pasados debe estar disponibles en forma cuantificable, manteniéndose la información registrada al momento de la evaluación. Estos datos sirven para clasificar los resultados como prestamos buenos o malos, siempre que existe detalle de los registros de los pagos históricos, considerando los procedimientos de archivo y las depuraciones a las que hayan sido sometidos.

³ La aplicación de métodos estadísticos también puede ser utilizada para otras etapas del ciclo de crédito, como son el marketing, procesamiento de solicitudes, gestión de cuentas, cobros y recuperaciones. De ahí la importancia en la definición del objetivo de la modelación.

- iii. Por otra parte, los registros históricos deben tener una antigüedad necesaria para que permitan la clasificación y medición. Un registro muy antiguo probablemente deje de ser relevante porque las condiciones han cambiado. Por otra parte, registros recientes no tiene la antigüedad suficiente que den indicios precisos del comportamiento del crédito.
 - iv. Tamaño de la muestra. Debido a requerimientos estadísticos, el número de registros de decisiones de crédito debe ser suficientemente grande para permitir un tamaño de muestra adecuado. Por otra parte, el número de malas cuentas debería tener menos frecuencia, pero es necesario para una adecuada modelación, por lo cual este es un factor limitante. Debido a esto, el tamaño de la muestra podrá influir en el periodo de tiempo a considerar.
 - v. Por otra parte, el tipo de modelo que se empleará, así como la posición de un crédito en su ciclo de vida determinarán la disponibilidad de información.
 - vi. Un problema crítico en la determinación de la muestra es el hecho que sólo se tienen registros detallados de los créditos aceptados, pero no de las solicitudes rechazadas, lo que genera una muestra sesgada o trunca. En este proceso se pierde información del estado de riesgo de las solicitudes rechazadas. Una forma de enmendar esta limitación es a través de la inferencia para estas solicitudes rechazadas. Otras técnicas utilizan métodos de aumento y extrapolación.
4. Ajuste de un modelo y optimización de los criterios seleccionados.

Existen varias técnicas para la estimación del modelo, las cuales son descritas posteriormente, sin embargo, independiente de la elección, se debe considerar la bondad de ajuste y la capacidad predictiva del modelo.

5. Generalización

El modelo debe ser aplicable a la población de estudio, además de la muestra empleada para su estimación. Normalmente se prueba la solidez del modelo con una muestra reservada del mismo periodo de análisis, sin embargo, éste también debería ser útil con muestras independientes del periodo de análisis para que la capacidad predictiva sea confiable.

6. Monitoreo Continuo

Luego que el modelo haya probado su capacidad de predicción, es importante monitorear que esta capacidad se mantenga a intervalos regulares en base a información observada. En caso de que la información haya mostrado cambios derivados del comportamiento económico de los agentes, es probable que el modelo deba ser ajustado para que mantenga niveles aceptables de predicción.

De acuerdo con Rayo et al., (2010), los principales métodos de credit scoring empleados para la banca, son los siguientes:

1. Análisis Discriminante

Clasifica los casos en grupos previamente definidos y excluyentes entre sí, permitiendo estudiar el comportamiento simultaneo de cada grupo de acuerdo con determinadas variables independientes. La finalidad es discriminar los buenos de los malos pagadores en el momento de reembolsar un crédito. Entre las principales limitaciones que presenta esta metodología es la imposibilidad de obtener una probabilidad de no pago y los problemas asociados al cumplimiento de los supuestos iniciales de las variables, como normalidad, homocedasticidad e independencia.

2. Modelos de Regresión Lineal

La estimación de modelos de regresión lineal es el método utilizado con mayor frecuencia para la estimación de probabilidades de incumplimiento. Estos modelos examinan la respuesta de la variable resultado ante variaciones de un conjunto de otras variables denominadas explicativas. Los coeficientes estimados de dichas variables miden el efecto marginal de cada una de ellas sobre la variable dependiente, manteniendo constantes el efecto del resto.

Operativamente, utilizan como variable dependiente a datos categóricos (1 si un cliente incumple y 0 si un cliente es buen pagador) y emplea para la estimación el método de mínimos cuadrados ordinarios a través de una función lineal con las variables explicativas.

3. Modelos Logit

También denominados modelos de regresión logística. Permiten calcular la probabilidad que tiene un cliente de ser categorizado como buen o mal pagador. La clasificación está determinada por el comportamiento de una serie de variables independientes de cada cliente. Operativamente tiene la ventaja de no requerir normalidad de la distribución de las variables.

4. Para la estimación de estos modelos, inicialmente se definen la variable resultado o independiente y el vector de variables explicativas **Modelos de programación lineal**

Es una metodología no paramétrica; suelen tener buena capacidad predictiva cuando se desconoce la relación funcional de las variables. Estos modelos permiten programar sistemas de asignación de rating manteniendo criterios óptimos de clasificación de clientes.

5. Redes Neuronales

También categorizada como método no paramétrico. Como su nombre indica, tratan de simular un sistema nervioso biológico a través de procesadores simples, denominados nodos, que se encuentran conectados entre sí formando un sistema inteligente. En la entrada al sistema se tienen características de la operación de crédito y como respuesta se encuentra la probabilidad de incumplimiento de dicha operación. El procesamiento de información, al funcionar como un proceso interno de aprendizaje, dificulta la comprensión del procedimiento y podría ser de difícil comprensión para personal no familiarizado con esta técnica.

6. Árboles de Decisión

Es un método de amplio uso para el credit scoring debido a que presenta relaciones visuales entre las variables. Los grupos de la variable respuesta y el riesgo, pese a que presenta una metodología de cálculo compleja, no está sujeta a supuestos estadísticos respecto a la distribución de las variables o formas funcionales.

2.6. Conceptualización de Ratios Financieros

Para contar con un panorama de los ratios financieros utilizados en el presente trabajo de investigación, se desarrolla el presente cuadro de conceptualización, basado en la teoría financiera, según Ross et al., (2012):

Tabla 2

Conceptualización de Ratios Financieros

Detalle de Ratios	Concepto
Coeficiente liquidez	<p>La liquidez se refiere a la facilidad y rapidez con que los activos se pueden convertir en efectivo (sin pérdida significativa de valor), la razón circulante se define como:</p> <p>Razón circulante=Activo circulante/Pasivo circulante</p>
Prueba ácida	<p>Con frecuencia, el inventario es el activo circulante menos líquido. También es el activo cuyos valores en libros son menos confiables como medidas del valor de mercado porque no se considera la calidad del inventario. Una parte de éste puede resultar dañada, obsoleta o perdida.</p> <p><i>Otro aspecto interesante es que los inventarios relativamente grandes son con frecuencia una señal de problemas a corto plazo. La empresa puede haber sobreestimado las ventas y</i></p>

	<p><i>haber comprado o producido en exceso como resultado de ello. En este caso, la empresa puede tener una porción sustancial de su liquidez comprometida en un inventario que se mueve muy despacio.</i></p> <p><i>Para evaluar más a fondo la liquidez, la razón rápida, o prueba del ácido, se calcula del mismo modo que la razón circulante, excepto que se omite el inventario:</i></p> <p>Razón rápida = (Activo circulante -Inventario)/Pasivo circulante</p>
Rotación de Cuentas Por Cobrar	<p>El índice de rotación de las cuentas por cobrar es una medida contable que se utiliza para cuantificar la eficacia de una empresa en el cobro de sus cuentas por cobrar. Esta la métrica permite controlar la liquidez de la empresa.</p> <p>Rotación de las cuentas por cobrar = Ventas/Cuentas por cobrar</p>
Rotación de Inventarios	<p>La rotación del inventario corresponde a la frecuencia media de renovación de las existencias consideradas, durante un tiempo dado. Se obtiene:</p> <p>Rotación del inventario = Costo de los bienes vendidos/ Inventario promedio</p>
Rotación de Cuentas Por Pagar	<p>La rotación de cuentas por pagar es un índice que permite conocer el número de veces que la empresa paga sus deudas durante un periodo contable. Este indicador ayuda a conocer la solvencia que tiene el negocio para pagar sus deudas en los periodos acordados.</p> <p>Rotación de cuentas por pagar = Costo de los bienes vendidos/Promedio de cuentas por pagar</p>
Ventas sobre activos fijos	<p>Este ratio permite determinar la relación existente entre las ventas respecto de activos fijos.</p> <ul style="list-style-type: none"> Las ventas, son la entrega de un determinado bien o servicio bajo un precio estipulado o convenido y a cambio de una contraprestación económica en forma de dinero por parte de un vendedor o proveedor.

	<ul style="list-style-type: none"> • El activo no corriente o activo fijo de una empresa está formado por todos los activos de la sociedad que no se hacen efectivos en un periodo superior a un año.
Ciclo operativo	<ul style="list-style-type: none"> • El ciclo operativo es el proceso por el que pasa una empresa, en promedio, desde que compra las materias primas hasta que cobra las ventas después de la producción. Se calcula en base a la siguiente fórmula: Ciclo operativo = Periodo de inventario + Periodo de cuentas por cobrar • Los periodos del inventario definen un periodo de tiempo durante el cual es posible registrar cambios en el inventario. Un periodo del inventario se define por la fecha en la que finaliza. Periodo de inventario=365 días/Rotación del inventario • El Periodo Medio de Cobro se puede definir de las siguientes maneras: Días que, por término medio, tarda una empresa en cobrar de sus clientes. Rotación de cuentas por cobrar=Ventas a crédito/Promedio de cuentas por cobrar
Ciclo de caja	<p>El Ciclo de Caja de una Empresa, se calcula estableciendo el número promedio de días que transcurren entre las salidas de caja relacionadas con cuentas por pagar y las entradas a caja relacionadas con el cobro de cuentas por cobrar. Ahora necesitamos el periodo de cuentas por pagar y se calcula en base a la siguiente fórmula:</p> <p>Rotación de cuentas por pagar=Costo de los bienes vendidos/Promedio de cuentas por pagar</p> <ul style="list-style-type: none"> • El periodo de cuentas por pagar es: Periodo de cuentas por pagar=365 días/Rotación de cuentas por pagar

Gastos Administrativos / Gastos operativos	<p>Este ratio permite determinar la relación existente entre los gastos administrativo respecto de los gastos operativos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los gastos administrativos son todos aquellos vinculados con la gestión, organización y dirección de un negocio como consecuencia inmediata del funcionamiento organizacional. • Un gasto operativo (OPEX, por sus siglas en inglés) es un gasto relacionado con las operaciones principales de un negocio. Este tipo de gasto es el primero que se muestra en el estado de ganancias y pérdidas de una empresa.
Gastos Administrativos / Ingresos operativos	<p>Este ratio permite determinar la relación existente entre los gastos administrativos respecto de los ingresos operativos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los ingresos operacionales son aquellos que provienen únicamente de la actividad ordinaria de la empresa antes de aplicar impuestos e intereses.
Gastos de comercialización / Ingresos operativos	<p>Este ratio permite determinar la relación existente entre los gastos de comercialización respecto de los ingresos operativos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los gastos de ventas o comercialización, son aquellos gastos que se producen como consecuencia de la venta de un producto o servicio determinado.
Pasivo/ patrimonio	<p>Este ratio permite determinar la relación existente entre pasivo respecto del patrimonio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El pasivo, desde el punto de vista contable, representa las deudas y obligaciones con las que una empresa financia su actividad y le sirve para pagar su activo. • En el ámbito económico, el patrimonio es el conjunto de bienes, derechos y obligaciones con los que una persona, grupo de personas o empresa cuenta y los cuales emplea para lograr sus objetivos. En ese sentido, se pueden entender como sus recursos y el uso que se les da a estos.

Pasivo/ activo	<p>Este ratio permite determinar la relación existente entre pasivo respecto del activo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un activo representa todos los bienes y derechos de una empresa, adquiridos en el pasado y con los que esperan obtener beneficios futuros.
Activo/ patrimonio	<p>Este ratio permite determinar la relación existente entre activo respecto del patrimonio.</p>
Ventas/ deuda financiera CP	<p>Este ratio permite determinar la relación existente entre las ventas y las deudas o gastos financieros de CP.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las ventas, son la entrega de un determinado bien o servicio bajo un precio estipulado o convenido y a cambio de una contraprestación económica en forma de dinero por parte de un vendedor o proveedor. • Una deuda o pasivo financiero es toda obligación, deuda o compromiso de pago en un plazo exigible determinado, que puede ser en el corto, medio y largo plazo.
Costo financiero/efectivo	<p>Este ratio permite determinar la relación existente entre el costo financiero y efectivo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los costos o gastos financieros son todos aquellos que derivan de la obtención de financiación o titularidad de cualquier pasivo financiero. • Se habla de efectivo al estado en el que el dinero puede encontrarse en el ámbito económico en curso legal, pudiéndose contar con ello en el corto plazo para asumir distintas obligaciones de pago.
ROA	<p>El rendimiento sobre los activos (ROA, por las siglas de return on assets) es una medida de la utilidad por cada unidad monetaria de activos. Puede definirse de varias formas, pero la más común es:</p> <p>Rendimiento sobre los activos = Utilidad neta/Activos totales</p>

ROE	<p>El rendimiento sobre el capital (ROE, por las siglas de return on equity) es una herramienta que sirve para medir cómo les fue a los accionistas durante el año. Debido a que la meta es beneficiar a los accionistas, el ROE es, en el aspecto contable, la verdadera medida del desempeño en términos del renglón de resultados. Por lo general, el ROE se mide como:</p> <p>Rendimiento sobre el capital=Utilidad neta/Capital total</p>
ROS	<p>La rentabilidad sobre las ventas es un ratio financiero que resulta de dividir el beneficio de explotación entre las ventas netas. El resultado es un indicador que permite evaluar la eficiencia operativa de la empresa, es decir, la capacidad que tiene la empresa para convertir las ventas en beneficios.</p> <p>Rentabilidad sobre Ventas o Margen de utilidad=Utilidad neta/Ventas</p>
Cobertura de intereses = EBITDA/ Costos Financieros	<p>Como su nombre lo indica, esta razón mide el grado en que la empresa cubre sus obligaciones de pagar intereses y con frecuencia se denomina razón de cobertura de intereses. Se calcula como:</p> <p>Cobertura de Intereses = EBITDA/ Costos Financieros</p>
Ratio de Solvencia	<p>En concordancia con su nombre, las razones de solvencia a corto plazo, como grupo, tienen la finalidad de proporcionar información sobre la liquidez de una empresa, por lo que algunas veces se denominan medidas de liquidez. El punto de interés principal es la capacidad de la empresa para pagar sus cuentas en el corto plazo sin presiones excesivas. En nuestro caso de estudio este ratio adicional lo calcularemos en base a normas legales establecidas en el código de comercio.</p>

Nota: Elaboración propia.

CAPITULO III - METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología

3.1.1. Enfoque de la Investigación

El presente estudio, de orden cuantitativo, fue llevado a cabo mediante un modelo Logit, el cual emplea una variable cualitativa dicotómica. Los modelos Logit son adecuados cuando la variable de respuesta es cualitativa, pudiendo agrupar varias categorías, en el caso de estudio.

La investigación se enfocó en determinar qué ratios financieros son los determinantes de la probabilidad de incumplimiento como variables explicativas y a partir de ello, medir el riesgo de crédito de los bancos.

3.1.2. Tipo de Estudio

La investigación es de corte transversal descriptivo del tema de investigación, ya que está referida al diseño de la investigación con información de un periodo dado y al análisis de datos utilizados para el desarrollo del tema.

3.1.3. Método de Investigación

El método empleado es hipotético deductivo, puesto que tiene los pasos esenciales de la observación del fenómeno de estudio, la formulación de una hipótesis para explicar el fenómeno y la utilización de un método para su rechazo o aceptación.

3.1.4. Delimitación

3.1.4.1. Espacio

El alcance se circunscribe a determinadas empresas privadas pertenecientes al sector industrial y de la construcción, establecidas legalmente en Bolivia y cuya información financiera es pública.

3.1.4.2. Tiempo

Para la estimación del modelo logístico se utilizaron cifras de los Estados Financieros Trimestrales de empresas registradas o inscritas en la Bolsa Boliviana de Valores S.A. en el periodo marzo de 2014 a septiembre de 2019.

Aclarar que el periodo analizado para el desarrollo de la presente investigación fue tomado en cuenta en un contexto regular de actividades económica a manera de no contar con un modelo que tenga desviaciones, por ejemplo para el trimestre dic19 ya se tuvo conflictos sociales y problemas políticos en nuestro país con el cambio de presidente por lo que varias empresas a este último trimestre ya se encontraban en default de actividades, asimismo en la gestión 2020 y 2021 se tuvo la emergencia sanitaria de Covid-19, donde las empresas en su mayoría ya se encontraban en pérdida dado que no estaban desarrollando sus actividades regulares, principalmente el rubro estudiado dado que por ejemplo muchas de ellas no contaban con materias primas suficientes porque son importados, lo cual conlleva a grandes pérdidas, por el contrario, los gastos administrativos se incrementaron considerablemente por mayores gastos de bioseguridad de sus dependientes principalmente.

Sin embargo en la presente gestión 2022 las empresas ya se reactivaron en su mayoría satisfactoriamente reflejando rentabilidades, por lo que el modelo podría ser considerado sin dificultad para medir la probabilidad de default de las empresas, dejando claro que siempre puede ser ajustado en la medida en que sea necesario.

3.1.4.3. Universo

La investigación se limita a empresas privadas de los sectores de la industria y construcción cuya información financiera está disponible de manera pública. Se trabajó con información de 19 empresas, se adjunta (Tabla 32) Anexo de Listado de Empresas objeto de estudio, las cuales la mayoría posee Calificación de Riesgo en ese periodo, dado que son emisores de valores de deuda y/o acciones y, por tanto, están obligados a publicar sus Estados Financieros Trimestrales y su Calificación de Riesgo⁴ en el mismo periodo, a través de los mecanismos de difusión que otorga la Bolsa Boliviana de Valores S.A..

Asimismo mencionar si bien la investigación se desarrolla en el contexto del sector industrial y de la construcción, dado que es uno de los pilares fundamentales del movimiento económico, además de considerar que se cuenta con la información disponible pública y al ser

4 Entidades Calificadoras de Riesgo: Son sociedades anónimas cuyo objeto exclusivo es calificar riesgos en el mercado de valores, conforme a lo previsto por la Ley del Mercado de Valores y su reglamento. También se comprenden dentro de esta definición las entidades calificadoras constituidas en el extranjero, que se encuentren autorizadas para prestar el servicio de calificación de riesgo en el país, conforme a lo previsto en el reglamento de Entidades Calificadoras de Riesgo. Dentro las Entidades Calificadoras de Riesgo en Bolivia legalmente establecidas se menciona a las siguientes:

1. Pacific Credit Rating S.A.
2. AESA Ratings, calificadora de riesgo asociada a FITCH RATINGS
3. Microfinanza Rating Bolivia
4. MOODY'S LOCAL PE Clasificadora De Riesgo S.A.

Disponible en: <https://www.bbv.com.bo/entidades-calificadoras-de-riesgo>

un Sector Regulado por Asfi, aclarar que se puede hacer distintas investigaciones, por ejemplo para el rubro de servicios y comercio incluso en función a las distintas clasificaciones por rubro en tanto se cuente con información financiera que permita estimar el modelo estadísticamente significativo para cada rubro.

3.1.4.4. Viabilidad

La base de datos de los estados financieros de las empresas consideradas abarca a una amplia variedad de situaciones financieras, muchas de las cuales se encuentran en default, lo que permite una estimación no sesgada a través de los modelos logit de las probabilidades de incumplimiento, dados sus estados de solvencia para determinar el riesgo crediticio. Esta característica de la información recolectada hace viable el presente estudio.

3.1.5. Diseño de Investigación

En principio se recabó información de los estados financieros de las empresas industriales y de construcción en Bolivia en el periodo señalado. A partir de ello se calcularon los ratios financieros que se detallan en el tratamiento de la información. Posteriormente se identificó las empresas en default y las que no tienen esa consideración para estimar a través de un modelo logit para determinar la probabilidad de incumplimiento. En el proceso se determinó los ratios financieros que resultaron estadísticamente significativos para la estimación de este, como herramienta se utilizó el Software Stata¹⁶.

3.1.6. Recolección de la Información

Se utilizó información de los estados financieros trimestrales de 19 empresas pertenecientes al sector industrial y de la construcción y que publican sus estados financieros y su calificación de riesgo en la Bolsa Boliviana de Valores S.A. debido a que son emisores de valores de deuda y/o acciones.

Cabe resaltar que esta información esta supervisada por la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI), dado que todos estos emisores son empresas reguladas y su información financiera es de carácter público, a fin de generar transparencia en el mercado de valores.

Dado que los estados financieros fluctúan constantemente en función de la coyuntura del sector, competencia, variables macroeconómicas, riesgos sociales y políticos, decisiones gerenciales, estrategias comerciales, entre otros, se ha considerado el estado financiero a cada

periodo trimestral, como caso particular para el análisis estadístico, independientemente si corresponde a una misma empresa o no.

3.1.6.1. Tratamiento de la Información

En base a dichos estados financieros, inicialmente se calcularon 21 ratios financieros que son expuestos en la Tabla 3 en el acápite de la propuesta de mejoramiento.

Posteriormente se identificó el número de casos de empresas en default. Dado que se desea pronosticar la probabilidad de que una empresa se encuentre en default o incumplimiento de sus obligaciones financieros a nivel de contraparte, se consideró tal situación, cuando las pérdidas de gestión y acumuladas de periodos anteriores, superaron el 50% del capital más las reservas en un periodo dado.

Una vez realizada la mencionada discriminación, se generó una variable dicotómica asignándole el valor de uno a las empresas con default y cero a las empresas sin default. Seguidamente se estimó un modelo Logit, el cual puede ser representado en términos de una variable observada binaria y un conjunto de variables explicativas.

$$h_i = \begin{cases} 1 & \text{si, } X_i' \beta + \varepsilon_i > 0 \\ 0 & \text{si, } X_i' \beta + \varepsilon_i \leq 0 \end{cases}$$

Donde h_i , la variable binaria explicada, es igual a 1 cuando hay default y 0 en otro caso, X_i' es la matriz de variables explicativas de cada firma. En el caso que nos ocupa X_i' estaría compuesta por toda la serie de ratios financieros, β es el vector de parámetros a estimar y ε_i es el error de la regresión con distribución de probabilidad logística. $X_i' \beta$ representan los scores de las firmas, es decir que, para cualquier empresa, dado un conjunto de ratios financieros, existe una probabilidad de default.

Si $\varepsilon_i \sim \text{iid}$ logística $(0, \frac{\pi^2}{3})$, entonces:

$$f(X_i' \beta) = \frac{1}{1 + e^{-X_i' \beta}}, \quad E(\varepsilon/X) = 0; \quad \text{Var}(\varepsilon/X) = \frac{\pi^2}{3}$$

La estimación del vector de parámetros β (que mide el grado de la relación entre la probabilidad de default y los ratios financieros) fue estimada por máxima verosimilitud. De acuerdo con este método, el vector de parámetros mencionado es aquel para el cual la función de verosimilitud alcanza un máximo. De igual forma este vector de parámetros sería aquel que maximiza la probabilidad de extraer la muestra de datos con la que se cuenta.

$$\text{Max ln}(L) = \sum_{y=1}^{N_1} \ln(p_k) + \sum_{y=0}^{N_0} \ln(1 - p_k)$$

Donde; $p_k = \frac{1}{1 + e^{-X_i' \beta}}$ y N_1 y N_0 son la cantidad de defaults y no defaults respectivamente.

Las probabilidades de default se calculan a partir del score:

$$P(h_i=1|X_i) = 1 / (1 + e^{-X_i' \beta})$$

Por lo tanto, se calculó la probabilidad de default dado cada ratio financiero, a partir de lo cual se evaluó el riesgo del crédito. Una empresa con mayor riesgo de default, dado un cierto conjunto de ratios financieros fue considerada con un mayor riesgo de crédito.

3.2. Modelos de Elección Binaria

El marco práctico del trabajo de tesis estará referido a los modelos de variable endógena binaria en el entendido de que lo que se quiere establecer es la probabilidad de default de las firmas consideradas como función de una serie de ratios financieros.

Para el caso del estudio presente, se trabajará con una variable dicotómica asignándole el valor de uno a las empresas con default y cero a las empresas sin default, de acuerdo con la siguiente estructura:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si, } X_i' \beta + \varepsilon_i > 0 \\ 0 & \text{si, } X_i' \beta + \varepsilon_i \leq 0 \end{cases} \quad (1)$$

Donde y_i , la variable binaria explicada, es igual a 1 cuando hay default y 0 en otro caso, X_i' es la matriz de variables explicativas de cada firma. En el caso que nos ocupa X_i' estaría compuesta por toda la serie de ratios financieros, β es el vector de parámetros a estimar y ε_i es el error de la regresión con distribución de probabilidad logística.

La probabilidad condicional de que la i -ésima firma presente una situación de default, está dada por $P(y_i = 1 | \mathbf{x}_i) = p(\mathbf{x}_i)$, donde $p(\mathbf{x}_i)$ es una función de $X_i' \beta$ y esta probabilidad está acotada: $0 \leq p(\mathbf{x}_i) \leq 1$. La probabilidad condicional de la probabilidad de no default es $P(y_i = 0 | \mathbf{x}_i) = 1 - p(\mathbf{x}_i)$. La función de probabilidad condicional de y_i puede ser representada como:

$$f(y_i | \mathbf{x}_i) = p(\mathbf{x}_i)^{y_i} [1 - p(\mathbf{x}_i)]^{1-y_i} \quad (2)$$

Entonces $P(y_i = 1 | \mathbf{x}_i) = f(1 | \mathbf{x}_i) = p(\mathbf{x}_i)$ and $P(y_i = 0 | \mathbf{x}_i) = f(0 | \mathbf{x}_i) = 1 - p(\mathbf{x}_i)$. Los modelos de elección binaria son una manera alternativa de representar o aproximar $P(y_i = 1 | \mathbf{x}_i) = p(\mathbf{x}_i)$.

3.3. El Modelo Lineal de Probabilidad

De la ecuación (2) se tiene que:

$$E(y_i | \mathbf{x}_i) = \sum_{y_i=0}^1 y_i f(y_i | \mathbf{x}_i) = 0 \times f(0 | \mathbf{x}_i) + 1 \times f(1 | \mathbf{x}_i) = p(\mathbf{x}_i) \quad (3)$$

El valor esperado poblacional, es la probabilidad de encontrar una firma en condición de default. El modelo lineal de probabilidad está dado por la siguiente expresión:

$$p(\mathbf{x}_i) = E(y_i | \mathbf{x}_i) = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_K x_{iK} \quad (4)$$

Es decir que, considerando todo el universo de datos, la probabilidad de encontrar una empresa en situación de default está dado por el valor esperado condicional al conjunto de regresores.

Como el término de error e_i está generado como la diferencia entre el valor observado y_i y la medida condicional $E(y_i | \mathbf{x}_i)$:

$$e_i = y_i - E(y_i | \mathbf{x}_i) \quad (5)$$

Entonces:

$$y_i = E(y_i | \mathbf{x}_i) + e_i = \beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_K x_{iK} + e_i \quad (6)$$

Si $E(e_i | \mathbf{x}_i) = 0$, entonces el estimador de mínimos cuadrados de los parámetros es insesgado, o si el término de perturbación aleatoria e_i está incorrelacionado con $\mathbf{x}_i = (x_{i1} = 1, x_{i2}, \dots, x_{iK})$, entonces el estimador de mínimos cuadrados es consistente. Para una variable continua, al igual que para una variable discreta x_{ik} el efecto marginal es:

$$\partial E(y_i | \mathbf{x}_i) / \partial x_{ik} = \beta_k$$

Si $\beta_k > 0$, un incremento en x_{ik} en una unidad, incrementará $p(\mathbf{x}_i)$, la probabilidad de encontrar una firma en quiebra. El problema surge de la posibilidad de que este resultado sea mayor que uno o de que entregue un número negativo, algo que no podría ser admisible dado que la variable de impacto es una probabilidad y por tanto su recorrido comprende el intervalo abierto entre cero y uno, Carter, Griffiths y Guay (2018). Por lo mismo, no es posible que $\beta_k < 0$. Es por lo que, es necesario replantear el modelo de probabilidad lineal, como se verá más adelante. Asimismo, dado que y_i toma únicamente dos valores, cero y uno, debe ser cierto que $\beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_K x_{iK} + e_i$ toma los mismos dos valores. Es decir, si $y_i = 1$, entonces se sigue que $\beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_K x_{iK} + e_i = 1$, tal que;

$$e_i = 1 - (\beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_K x_{iK})$$

En cambio, si $y_i = 0$, entonces $\beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_K x_{iK} + e_i = 0$ y;

$$e_i = -(\beta_1 + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_K x_{iK})$$

De acuerdo con la expresión anterior, el error aleatorio que contiene todos los factores omitidos y otros errores de especificación únicamente tomaría dos valores. Por otra parte, la varianza condicional en el error aleatorio es:

$$\text{var}(e_i | \mathbf{x}_i) = p(\mathbf{x}_i)[1 - p(\mathbf{x}_i)] = \sigma_i^2$$

la cual es necesariamente heterocedástica, es decir su varianza condicional al conjunto de regresores no es constante. Cuando se estima el modelo de probabilidad lineal, esta característica tiene que ser reconocida. Al utilizar la metodología de mínimos cuadrados ordinarios, cuando menos se debe utilizar errores estándar robustos de heterocedasticidad para realizar las pruebas de inferencia estadística, Greene (2018).

Para tener certidumbre acerca de los valores de los parámetros y de la estimación de la probabilidad, se restringe la relación entre la variable endógena y los regresores. Como el rango de variación de las probabilidades es el intervalo cerrado entre cero y uno, el defecto del modelo de probabilidad lineal representado por la ecuación (4) es que no impone esta restricción. Dentro del ámbito de la elección binaria, se tiene el modelo Probit y el modelo Logit, que permiten restringir el intervalo de variación para las probabilidades. Para el caso de un solo regresor, por ejemplo, asumiendo una relación entre la probabilidad y la variable explicativa de acuerdo con una función sigmoideal. Si, por ejemplo, $\beta_2 > 0$, cuando x aumenta, y $\beta_1 + \beta_2 x$ también lo hace, la probabilidad se incrementa rápidamente en principio y a medida que " x " continúa aumentando, la probabilidad comienza a incrementarse a una tasa decreciente, manteniendo la probabilidad

menor que uno sin importar cuán grande sea x . En la otra dirección, la probabilidad se acerca a cero. La pendiente de la curva de probabilidad, $dp(x_i)/dx$, es el cambio en la probabilidad, debido a una unidad de cambio en " x ". Es el efecto marginal y, a diferencia del modelo de probabilidad lineal, la pendiente no es constante, Wooldridge (2015).

Cualquier función de distribución acumulada para una variable aleatoria continua cumplirá la propiedad anterior y otra función que destaca, además de la normal, es la variable aleatoria logística, de la que se deriva el modelo Logit, en base al cual está construido el trabajo de estimación econométrica.

3.4. Modelo Logit para el Cálculo de la Probabilidad de Default

La Regresión Logística es adecuada cuando la variable de respuesta es binaria o puede asumir más de dos valores. Mediante esta clase de modelos es posible establecer si, por ejemplo, un cliente que solicita un préstamo a un banco es potencialmente moroso o no.

El objetivo es contar con una metodología que permita cuantificar el riesgo de crédito de empresas y establecer criterios de clasificación de riesgo de crédito antes del otorgamiento de un financiamiento. En este entendido se evaluó como mejor instrumento un modelo de puntuación de calidad crediticia (credit scoring) identificando los factores que determinan el estado de default de las empresas. Estos factores explicativos son ratios financieros, como los de liquidez, apalancamiento, rentabilidad, rotaciones, ciclo de negocios, entre otros, de quienes depende la probabilidad de default, variable a ser utilizada como referencia de incumplimiento o de quiebra.

Para una entidad financiera, el credit scoring es una herramienta que permite la estandarización del proceso de otorgamiento de créditos, la estimación de la probabilidad de incumplimiento total o default que puede llegar a tener una empresa.

Dado el objetivo planteado se estimó un modelo Logit, el cual puede ser representado en términos de una variable binaria dicotómica y un conjunto de variables explicativas, como se mostró en la ecuación (1):

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si, } X_i' \beta + \varepsilon_i > 0 \\ 0 & \text{si, } X_i' \beta + \varepsilon_i \leq 0 \end{cases}$$

Donde y_i , la variable binaria explicada, es igual a 1 cuando hay default y 0 en otro caso, X_i' es la matriz de variables explicativas de cada firma. En el caso que nos ocupa X_i' estaría

compuesta por toda la serie de ratios financieros, β es el vector de parámetros a estimar y ε_i es el error de la regresión con distribución de probabilidad logística. $X_i' \beta$ representan los scores de las firmas, es decir que, para cualquier empresa, dado un conjunto de ratios financieros, existe una probabilidad de default, igual a $f(X_i' \beta)$.

Si $\varepsilon_i \sim iid$ logística $(0, \frac{\pi^2}{3})$, entonces:

$$f(X_i' \beta) = \frac{1}{1+e^{-X_i' \beta}}, \quad E(\varepsilon/X) = 0; \quad \text{Var}(\varepsilon/X) = \frac{\pi^2}{3} \quad (7)$$

La estimación del vector de parámetros β (que mide el grado de la relación entre la probabilidad de default y los ratios financieros) es realizada por máxima verosimilitud.⁵ De acuerdo con este método, el vector de parámetros mencionado es aquel para el cual la función de verosimilitud alcanza un máximo. Este vector de parámetros sería aquel que maximiza la probabilidad de extraer la muestra de datos con la que se cuenta, dada una función del logaritmo de verosimilitud, en la cual se condiciona los parámetros buscado a la información con la que se cuenta, Cameron y Trivedi (2005).

$$\text{Max} \ln(L) = \sum_{y=1}^{N_1} \ln(p_k) + \sum_{y=0}^{N_0} \ln(1-p_k) \quad (8)$$

Donde; $p_k = \frac{1}{1+e^{-X_i' \beta}}$ y N_1 y N_0 son la cantidad de defaults y no defaults respectivamente.

Las probabilidades de default se calculan a partir del score:

$$P(h_i=1|X_i) = 1/1 + e^{-X_i' \beta} \quad (9)$$

Por lo tanto, se calculará la probabilidad de default, dado el conjunto de ratios financieros. Una empresa con mayor riesgo de default, dado un cierto conjunto de ratios financieros será considerada como una de mayor riesgo de crédito.

⁵ Bajo las condiciones de regularidad de Cramér-Rao, los estimadores por máxima verosimilitud, en muestras grandes son consistentes, es decir que si, $\tilde{\gamma}_k$ es el estimador de máxima verosimilitud de α_k , entonces $\text{plim} \tilde{\gamma}_k = \gamma_k$, y este estimador tiene una distribución normal en muestras grandes, $\tilde{\alpha}_k \stackrel{a}{\sim} N[\alpha_k, \text{var}(\alpha_k)]$. Si la varianza estimada del estimador: $\widehat{\text{var}}(\tilde{\gamma}_k)$ es un estimador consistente de la $\text{var}(\tilde{\gamma}_k)$ y asintóticamente esta varianza es la de menor magnitud, entonces podemos calcular el error estándar; $\text{se}(\tilde{\gamma}_k) = \sqrt{\widehat{\text{var}}(\tilde{\gamma}_k)}$. Utilizando el error estándar es posible calcular los intervalos $\tilde{\gamma}_k \pm 1_{(1-\alpha/2)} \text{se}(\tilde{\gamma}_k)$ y llevar a cabo pruebas de significancia estadística.

CAPÍTULO IV - PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

4.1. Estimación del Modelo Logístico para el Cálculo de la Probabilidad de Default en Empresas del Sector Productivo

Las referencias teóricas son abundantes en la estimación de credit scoring a través de modelos logit; sin embargo, se debe tener cuidado de considerar aquellos estudios que abarcan a créditos bancarios en economías similares a la de Bolivia, a fin de evitar sesgo en las conclusiones derivadas de estudios realizados en contextos diferentes a una economía en desarrollo, con altos niveles de informalidad, precariedad en el empleo y mercados financieros incipientes caracterizados fundamentalmente por el microcrédito.

Rayo et al., (2010), estimaron un credit scoring para la cartera de microcréditos para el Perú. Las variables explicativas fueron agrupadas en tres grupos: variables de los clientes que consideraban datos cuantitativos y cualitativos, variables operativas del crédito y finalmente variables macroeconómicas. La investigación realizada logró predecir correctamente el 78% de los créditos otorgados.

Para el caso boliviano, Vargas y Mostajo (2014), realizaron la medición del riesgo crediticio mediante la aplicación de métodos basados en calificaciones internas. Para este estudio, utilizando modelos de forma reducida concluyen que: *“Se evidenció que los resultados obtenidos con los modelos internos para calcular el nivel de provisiones no presentan diferencias muy significativas entre ellos, sin embargo, se comprobó que estos resultados se contrastan notablemente respecto a los requerimientos dispuestos por la normativa”*.

Torrico (2014), por su parte realizó una estimación *“Macro Credit Scoring” para medir la probabilidad de incumplimiento del sistema bancario completo. Concluye que “existe evidencia empírica de la existencia de una relación entre el riesgo de crédito de las entidades bancarias y su perfil financiero medido a través de los ratios financieros de la misma”*.

Los modelos Logit o de regresión logística representan una técnica econométrica de amplio uso en la estimación de probabilidades de incumplimiento. Surgieron en la década de los años sesenta y su generalización se dio a partir de la solución al problema de la estimación de coeficientes con el algoritmo de Walker-Duncan a través de máxima verosimilitud y de recursos computacionales.

A partir del modelo Logit es posible la estimación de coeficientes que puedan predecir si una solicitud de un crédito va a presentar problemas de morosidad, si una empresa va a entrar en bancarrota, etc.

La identificación del mejor modelo de regresión logística se realiza mediante la comparación de modelos utilizando el cociente de verosimilitud, que indica a partir de los datos de la muestra cuanto más probable es un modelo frente al otro. La diferencia de los cocientes de verosimilitud entre dos modelos se distribuye según la ley de la Chi-cuadrado con los grados de libertad correspondientes a la diferencia en el número de variables entre ambos modelos.

Si a partir de este coeficiente no se puede demostrar que un modelo resulta mejor que el otro, se considerará como criterio de elegibilidad la parsimonia.

Como lo que se desea es contar con una metodología que permita cuantificar el riesgo de crédito de empresas y establecer criterios de clasificación de riesgo de crédito antes del otorgamiento de un financiamiento, se evaluó como mejor instrumento un modelo que permita, a través de la estimación de la probabilidad de default, realizar una calificación crediticia (credit scoring) identificando, previamente, los factores que determinan el estado de default de las empresas. Estos factores explicativos son ratios financieros de liquidez, apalancamiento, rentabilidad, rotaciones, ciclo de negocios, entre otros, los cuales están relacionados con la probabilidad de incumplimiento.

Para la estimación del modelo logístico para el cálculo de la probabilidad de default de empresas, se utilizaron cifras de los Estados Financieros Trimestrales de empresas registradas o inscritas en la Bolsa Boliviana de Valores S.A. en el periodo marzo de 2014 a septiembre de 2019, cumpliendo con información que abarca al menos 5 años de información.

Se trabajó con información de 19 empresas pertenecientes al sector industrial y de la construcción, las cuales la mayoría posee Calificación de Riesgo en ese periodo, dado que son emisores de valores de deuda y/o acciones y, por tanto, están obligados a publicar sus Estados Financieros Trimestrales y su Calificación de Riesgo en el mismo periodo, a través de los mecanismos de difusión que otorga la Bolsa Boliviana de Valores S.A.⁶

⁶ Cabe mencionar que esta información esta supervisada por la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI), dado que todos estos emisores son empresas reguladas y su información financiera es de carácter público, a fin de generar transparencia en el mercado de valores.

De las 19 empresas evaluadas existen 4 empresas (21%), que migraron o se encuentran en una situación de default (quiebra técnica⁷) en el periodo evaluado.

Dado que los Estados Financieros fluctúan constantemente en función de la coyuntura del sector, la competencia, las variables macroeconómicas, el riesgo social y político, las decisiones gerenciales, la estrategia comercial, entre otros que inciden en ese momento del tiempo, se ha considerado el estado financiero a cada periodo trimestral, como caso particular para el análisis estadístico, independientemente si corresponde a una misma empresa o no. De esa manera se ha trabajado con un total de 309 casos, en los que se calculó una serie de ratios financieros, anualizando las variables relacionadas al Estado de Resultados, como ser Ventas, Costos, Gastos, Utilidad Neta, entre otros, a fin de homogeneizar la información a periodos de un año.

4.2. Cálculo de Ratios Financieros

Se calcularon un total de 21 ratios o razones financieras para cada periodo y para cada empresa. Además, para cada periodo se asigna la calificación de riesgo publicada en el trimestre correspondiente, la misma que servirá para determinar si existe correlación entre las calificaciones de riesgo y los ratios financieros en cada periodo. A continuación (Tabla 3), exponemos los códigos asignados a cada ratio financiero:

Tabla 3

Codificación y Cálculo de Ratios financieros

Código	Detalle
R1	Coficiente Liquidez
R2	Prueba Ácida
R3	Rotación de Cuentas Por Cobrar
R4	Rotación de Inventarios
R5	Rotación de Cuentas Por Pagar
R6	Ventas sobre Activos Fijos
R7	Ciclo Operativo
R8	Ciclo de Caja
R9	Gastos Administrativos/Gastos operativos
R10	Gastos Administrativos/Ingresos operativos
R11	Gastos de Comercialización/Ingresos operativos
R12	Pasivo/Patrimonio
R13	Pasivo/Activo

⁷ La quiebra técnica sucede cuando una empresa presenta una situación de liquidez negativa. Significa que los pasivos son mayores a los activos, sin embargo la empresa no ha dejado de realizar sus pagos y tampoco tiene un estado legal declarado como quiebra.

R14	Activo/Patrimonio
R15	Ventas/Deuda Financiera CP
R16	Costo Financiero/Efectivo
R17	Rentabilidad sobre Activos (ROA)
R18	Rentabilidad sobre el Patrimonio (ROE)
R19	Rentabilidad sobre Ventas (ROS)
R20	Cobertura de Intereses = EBITDA/ Costos Financieros
R21	Ratio de Solvencia

Nota: Elaboración propia.

En base a normas legales locales vigentes, se definirá default o incumplimiento de la siguiente forma:

De acuerdo con lo que establece el inciso 6, Artículo 204 (Asamblea de Socios y sus Facultades) y el Artículo 354 (Reducción Obligatoria) del Código de Comercio⁸, “la reducción del capital es obligatoria cuando las pérdidas superen el cincuenta por ciento de este, incluidas las reservas libres..... Si efectuada la reducción del capital, éste resultara insuficiente para cumplir el objeto de la sociedad, se procederá a la disolución y liquidación de esta”. Esto se aplica tanto a Sociedades de Responsabilidad Limitada (Artículo 204) como Sociedades Anónimas (Artículo 354).

El Ratio de Solvencia (R21), ha sido calculado de acuerdo con las consideraciones anteriores y, dado que el modelo quiere pronosticar la Probabilidad de que una empresa se encuentre en Default⁹ o Incumplimiento de compromisos financieros a nivel de contraparte, se considerara tal situación, cuando las pérdidas de Gestión y Acumuladas de Periodos Anteriores, superen el 50% del Capital más las Reservas en un periodo dado.

4.3. Análisis Bivariado de los Datos

En el presente acápite se presentará un análisis bivariado entre el Ratio de Solvencia (R21) y algunos de los ratios financieros descritos en el acápite anterior, mediante dispersogramas y cálculo de correlaciones.

⁸ Código de Comercio, Decreto Ley N°14379, 25 de febrero de 1977.

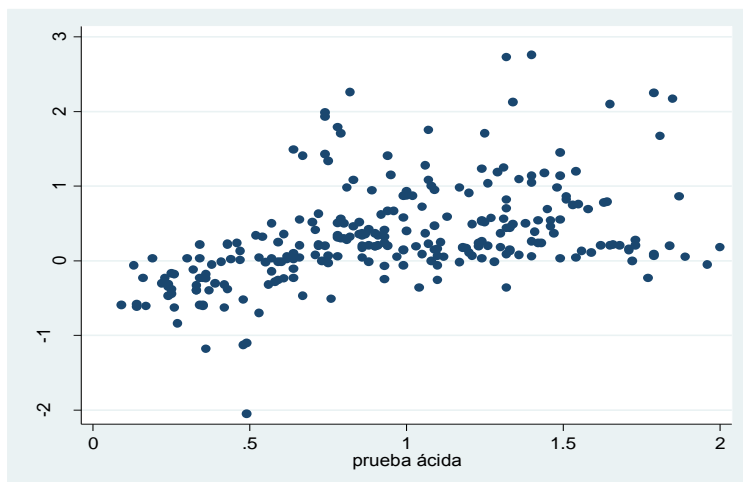
⁹ De la teoría Modelos de Elección Binaria: la variable binaria explicada, es igual a 1 cuando hay default y 0 en otro caso.

4.3.1. Dispersogramas

La relación entre el Ratio de Solvencia (R21) y la Prueba ácida (R2), tiene el signo positivo esperado (Gráfico 1). La mayor capacidad de atender pasivos líquidos con los activos de corto plazo es signo de una mayor solvencia.

Gráfico 1

Dispersograma entre Ratio de Solvencia (R21) y Prueba Ácida (R2)

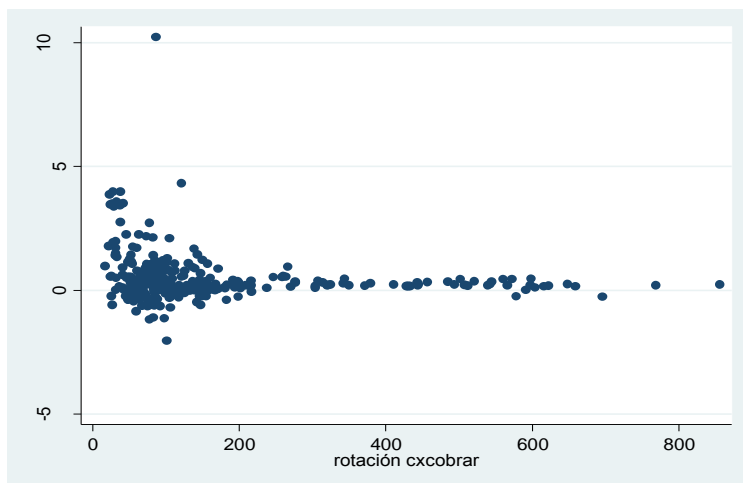


Nota: Elaboración propia.

En cambio, mayores Rotaciones en las Cuentas por Cobrar (R3) no significan menores grados de solvencia (Gráfico 2). La Solvencia (R21) tiende a permanecer inmóvil ante crecidas en este ratio financiero.

Gráfico 2

Dispersograma entre Ratio de Solvencia (R21) y Rotación Cuentas por Cobrar (R3)

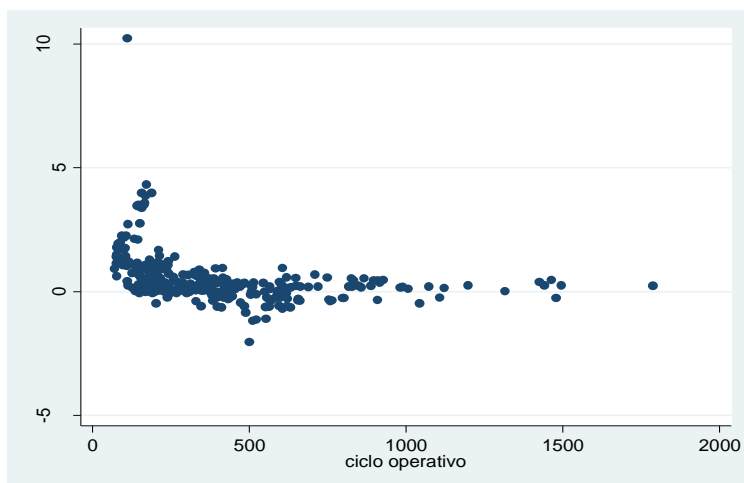


Nota: Elaboración propia.

Por su parte, cuanto mayor es el Ciclo Operativo (R7), periodo promedio en días estimado entre la adquisición de inventarios y el cobro por los productos vendidos de una empresa, en general presenta una menor solvencia (Gráfico 3), lo cual en términos financieros tiene una explicación muy razonable, sobre todo porque en la medida en el que el giro de negocio sea más lento o sea más largo, entonces tendrá un efecto negativo en la liquidez y posteriormente, en la Solvencia (R21) de la empresa.

Gráfico 3

Dispersograma entre Ratio de Solvencia (R21) y Ciclo Operativo (R7)

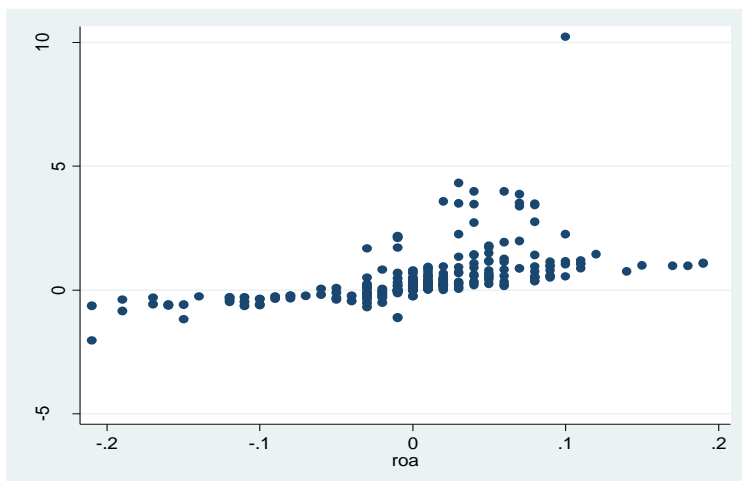


Nota: Elaboración propia.

Asimismo, se observa una relación creciente (Gráficos 4 y 5), entre el Ratio de Solvencia (R21) y la Rentabilidad sobre el Activo ROA (R17) y Rentabilidad sobre el patrimonio ROE (R18), aunque en este último caso la relación tendría una mayor pendiente, por lo que la solvencia se acrecentaría en un mayor grado ante cambios en el rendimiento del capital propio.

Gráfico 4

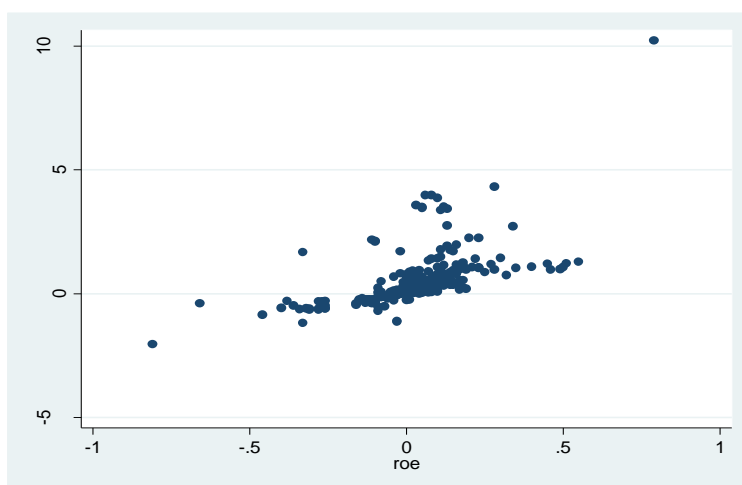
Dispersograma entre Ratio de Solvencia (R21) y ROA (R17)



Nota: Elaboración propia.

Gráfico 5

Dispersograma entre Ratio de Solvencia (R21) y ROE (R18)



Nota: Elaboración propia.

4.3.2. Análisis de Correlación

El análisis de correlación revela un grado de asociación negativo destacable entre la Solvencia (R21) y la Rotación de Inventarios (R4) y el Ciclo Operativo (R7) (-0.3159 y -0.3186 respectivamente). Asimismo, resalta la relación de la Solvencia (R21) con la Prueba Ácida (R2) (0.4230), es decir que, a mayor liquidez, sería de esperar una mejor posición financiera de las

firmas consideradas (Tabla 4). A su vez, el Ciclo de Caja (R8) muestra una relación negativa (-0.3047) con la Solvencia (R21).

Tabla 4

Matriz de correlaciones entre el Ratio de Solvencia (R21) y Ratios Financieros

	r21	r2	r3	r4	r5	r7	r8	r9
r21	1.0000							
r2	0.4230	1.0000						
r3	-0.1686	0.1650	1.0000					
r4	-0.3159	-0.3543	0.4190	1.0000				
r5	-0.1810	-0.2211	0.5733	0.6453	1.0000			
r7	-0.3186	-0.1439	0.8251	0.8434	0.7265	1.0000		
r8	-0.3047	-0.0293	0.7171	0.6922	0.2449	0.8432	1.0000	
r9	-0.1923	-0.0876	0.4735	0.2466	0.1427	0.4478	0.5178	1.0000

Nota: Elaboración propia.

Como sería de esperar, la Solvencia (R21) guarda una relación negativa con el ratio de Gastos Administrativos respecto de los Ingresos Operativos (R10) (-0.2103). Por otra parte, destaca la correlación entre los ratios Pasivo respecto del Patrimonio (R12) y Pasivo respecto del Activo (R13) de (0.7856), por lo que incluirlos como variables exógenas generaría un problema de colinealidad severo que se manifestaría en errores estándar de los estimadores tendiendo a infinito (Tabla 5). Algo similar podría ocurrir al relacionar conjuntamente el Ciclo de Caja (R8) con el Ciclo Operativo (R7); al ser la correlación de (0.8432) el grado de los errores estándar estimados se manifestaría probablemente en el no rechazo de la hipótesis nula de ausencia de significancia (Tabla 4).

Tabla 5

Matriz de correlaciones entre el Ratio de Solvencia (R21) y Ratios Financieros

	r21	r10	r12	r13	r14	r16
r21	1.0000					
r10	-0.2103	1.0000				
r12	0.1742	-0.0553	1.0000			
r13	-0.0646	0.0049	0.7856	1.0000		
r14	0.1742	-0.0553	1.0000	0.7856	1.0000	
r16	-0.1284	0.2561	0.0354	0.0843	0.0354	1.0000

Nota: Elaboración propia.

Asimismo, sobresale la correlación de la Solvencia (R21) con el Rentabilidad sobre Activos ROA (R17) y la Rentabilidad sobre el Patrimonio ROE (R18), (0.4998) y (0.5695) respectivamente; y en menor medida con la Rentabilidad sobre Ventas (R19) (0.2104), (Tabla 6). Por otra parte, se observa una fuerte correlación entre los dos primeros (0.9261). Dado este hecho, lo más conveniente sería elegir únicamente uno de ellos como variable explicativa.

Tabla 6

Matriz de correlaciones entre el Ratio de Solvencia (R21) y Ratios Financieros

	r21	r17	r18	r19
r21	1.0000			
r17	0.4998	1.0000		
r18	0.5695	0.9261	1.0000	
r19	0.2104	0.3232	0.3128	1.0000

Nota: Elaboración propia.

4.4. Estimación del Modelo Logit

Como se desea estimar qué ratios financieros están en mayor medida relacionados con la probabilidad de default de una firma a nivel bivariado y en un modelo conjunto, se estimó un modelo con variable dependiente binaria, tal que:

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{si, solvencia} \leq -0.5 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (10)$$

Definida así la variable dependiente, se desea estimar, qué ratios financieros explican la probabilidad de default y el orden de importancia de cada uno de ellos, mediante un modelo Logit. Como el default asume el valor de uno, los resultados de las estimaciones miden la probabilidad de default, es decir que se estima cuál es la probabilidad de que un cambio en los ratios financieros conduzca a una situación de quiebra técnica.

El modelo que mejor explica la probabilidad de default considera los ratios de la Prueba Ácida (R2), el Ciclo Operativo (R7) y la Rentabilidad sobre el Patrimonio (ROE), modelo estimado con varianza robusta (Tabla 7).

Tabla 7

Modelo Logit para la Estimación de la Probabilidad de Quiebra

Logistic regression	Number of obs	=	309
	LR chi2(3)	=	75.52
	Prob > chi2	=	0.0000
Log likelihood = -28.067702	Pseudo R2	=	0.5736

h	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]
r2	-3.779129	1.681415	-2.25	0.025	-7.074642 - .483617
r7	.0020755	.0008383	2.48	0.013	.0004325 .0037185
r18	-8.266897	2.582702	-3.20	0.001	-13.3289 -3.204894
_cons	-2.538976	1.062557	-2.39	0.017	-4.621549 -.4564036

Nota: Elaboración propia.

4.4.1. Pruebas Estadísticas

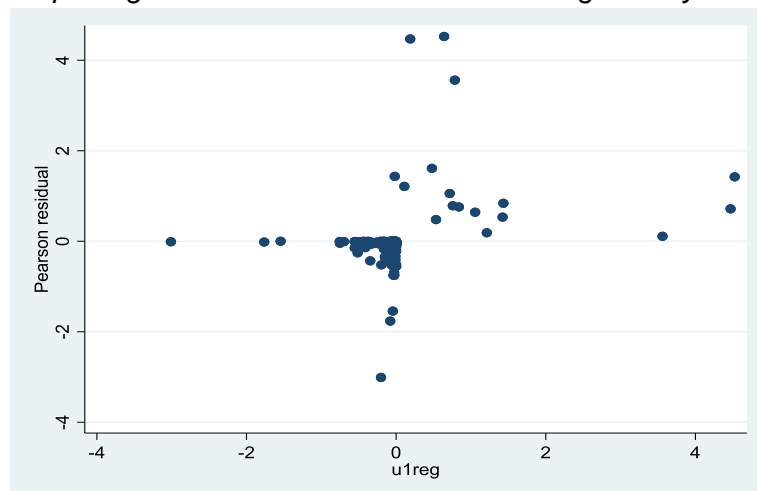
Para evaluar la correcta especificación de un modelo Logit, de acuerdo con Cameron y Trivedi (2005), los residuos no deberían presentar i) autocorrelación, ii) la varianza de los errores debería ser constante, y iii) su distribución de probabilidad debería ser normal.

i) Prueba de Autocorrelación

Como podrá notarse en el (Gráfico 6) la relación entre los residuos y un rezago de estos es prácticamente inexistente (la correlación es igual a 0.03), por tanto, cualquier prueba estadística mostrará evidencia de este hallazgo.

Gráfico 6

Dispersograma entre los Residuos de la Regresión y el Primer Rezago



Nota: Elaboración propia.

En efecto, la prueba de autocorrelación del residuo de Breusch-Godfrey (Tabla 8) revela la inexistencia de asociación entre los errores. De acuerdo con esta prueba si el valor de probabilidad es superior al 5%, no se rechaza la hipótesis nula que plantea que no existe autocorrelación de orden uno. Prueba de Autocorrelación de los Residuos

Tabla 8

Prueba de Autocorrelación de los Residuos

Breusch-Godfrey LM test for autocorrelation

lags (p)	chi2	df	Prob > chi2
1	1.346	1	0.2460

H0: no serial correlation

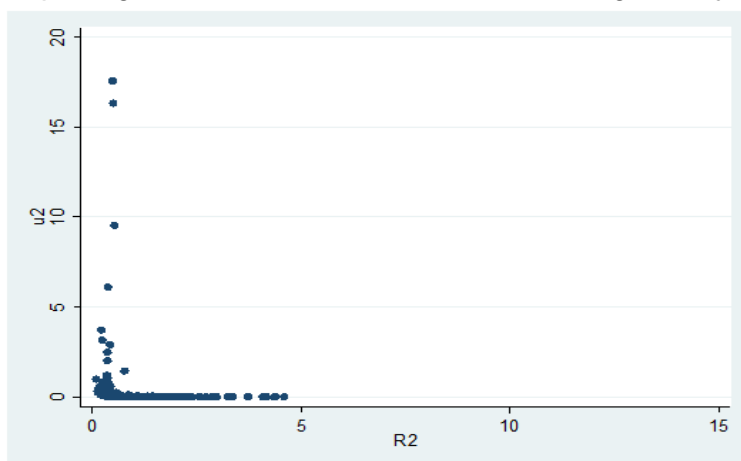
Nota: Elaboración propia.

ii) Prueba de Homocedasticidad o de Varianza Condicional de Error Constante

Se busca que la varianza condicional de los errores (condicional en los regresores) no sea una función de las variables explicativas y que sea constante independientemente del valor de estas. Como un ejemplo se presenta el dispersograma entre la varianza estimada de los errores estimados y la Prueba Ácida (R^2). Según puede apreciarse en el (Gráfico 7), no existe una asociación fuerte entre ambas variables, la correlación apenas alcanza a -0.16.

Gráfico 7

Dispersograma Varianza de Residuos de la Regresión y Prueba Ácida (R^2)



Nota: Elaboración propia.

Para la prueba de homocedasticidad de White se corrió una regresión entre los residuos al cuadrado y los cuadrados de las variables explicativas (R^2 , R^7 y R^{18}). De acuerdo con esta metodología, los errores tienen una varianza constante debido a que el valor de probabilidad de 0.39, es mayor a todos los niveles de significancia estadística (Tabla 9).

Tabla 9

Prueba de Homocedasticidad de White de los Residuos

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	309
Model	10.488168	3	3.496056	F(3, 305)	=	1.00
Residual	1063.83657	305	3.48798876	Prob > F	=	0.3921
				R-squared	=	0.0098
				Adj R-squared	=	0.0000
Total	1074.32474	308	3.48806734	Root MSE	=	1.8676

e2	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
r22	-.0074996	.0115097	-0.65	0.515	-.0301481 .015149
r77	1.98e-08	1.04e-07	0.19	0.849	-1.85e-07 2.24e-07
r188	2.369402	1.518848	1.56	0.120	-.6193448 5.35815
_cons	.2365841	.1236784	1.91	0.057	-.0067868 .4799551

Nota: Elaboración propia.

iii) Normalidad de los Errores

La prueba Jarque-Bera¹⁰ muestra que los errores no siguen una distribución normal. En esta prueba la hipótesis nula plantea normalidad de los errores y la alternativa justamente lo contrario. Al ser el valor de probabilidad menor a cualquier nivel de significancia, a este nivel se rechaza la hipótesis nula (Tabla 10). No obstante, por el teorema del límite central se sabe que, a medida que la muestra se incrementa, la media de una variable aleatoria tiende a la distribución normal.

Tabla 10

Prueba de Normalidad de los Residuos

Variable	Obs	Skewness/Kurtosis tests for Normality			
		Pr (Skewness)	Pr (Kurtosis)	adj chi2 (2)	Prob>chi2
u1	309	0.0000	0.0000	.	0.0000

Nota: Elaboración propia.

4.4.2. Análisis de los resultados

Por tanto, es posible escribir la realización del Default como:

Tabla 11

Modelo Logit para la Estimación de la Probabilidad de Quiebra

$$z = -2.538976 - 3.779129 * R2 + 0.0020755 * R7 - 8.266897 * R18$$

Z = Default que se define como Quiebra Técnica¹¹

R2 = Prueba Ácida

R7 = Ciclo Operativo

R18 = Rentabilidad sobre el Patrimonio

c = -2.538976 (constante)

Nota: Elaboración propia.

Los tres ratios son significativos para explicar la probabilidad señalada: al 5% y en algunos casos al 1%, los coeficientes son estadísticamente significativos y el modelo es significativo tomando las variables en forma conjunta, aspecto que es posible concluir por medio de la prueba F de Fischer.

¹⁰ Según la teoría esta prueba es utilizada en un escenario normal para una muestra hasta de 30, por tanto en el caso de estudio nos basamos en la teoría del límite central dado que trabajamos con una muestra de 309.

¹¹ La quiebra técnica sucede cuando una empresa presenta una situación de liquidez negativa. Significa que los pasivos son mayores a los activos, sin embargo la empresa no ha dejado de realizar sus pagos y tampoco tiene un estado legal declarado como quiebra.

Tal cual como fue planteado el modelo en la (Tabla 11), los coeficientes deben ser interpretados como la variación en el logaritmo del odds (el cociente de la probabilidad de observar el evento y su complemento) ante un cambio unitario en la variable independiente examinada. Dado que la interpretación de los coeficientes así expresados es poco intuitiva, conviene re-expresarlos de manera que representen el odds-ratio. En función de ello, se presentan en la (Tabla 12) distintas alternativas para expresar los coeficientes del modelo.

Tabla 12

Modelo Logit para la Estimación de la Probabilidad de Quiebra Odds-Ratio

```
Factor Change in Odds
Odds of: 1 vs 0
-----
```

h	b	z	P> z	e^b	e^bStdX	SDofX
r2	-3.77913	-2.248	0.025	0.0228	0.0155	1.1034
r7	0.00208	2.476	0.013	1.0021	2.2048	380.9373
r18	-8.26690	-3.201	0.001	0.0003	0.2684	0.1591

```
-----
b = raw coefficient
z = z-score for test of b=0
P>|z| = p-value for z-test
e^b = exp(b) = factor change in odds for unit increase in X
e^bStdX = exp(b*SD of X) = change in odds for SD increase in X
SDofX = standard deviation of X
```

Nota: Elaboración propia.

La cuarta columna (sin contar la que incluye los nombres de las variables, e^b) representa el factor change in odds. La forma de interpretar los coeficientes bajo cada una de las columnas puede verse en la parte inferior de la salida.

La lectura según el factor change in odds es la siguiente. Ante un cambio de uno por ciento en la Prueba Ácida (R2), el cociente de probabilidades se verá incrementado (disminuido) en un factor de (0.0228), permaneciendo constantes los demás ratios. Por su parte, cuando aumenta el Ciclo Operativo (R7), la probabilidad de Default o no Default es la misma, dado que el coeficiente es igual a 1. Asimismo, un incremento en la Rentabilidad sobre el Patrimonio ROE (R18) disminuye la probabilidad de Default, en un factor de (0.0003).

Debido a la complejidad de la interpretación de los modelos no-lineales, Stata cuenta con una serie de comandos de post-estimación que facilitan el análisis causal y predictivo de estos modelos. Uno de ellos es el comando `prvalue`, que muestra las probabilidades condicionales de observar o no el evento estudiado, es decir la probabilidad condicional de Default o No - Default. De acuerdo con los resultados mostrados en la (Tabla 13), la probabilidad de No Default (0.9987) supera ampliamente la probabilidad de Default (0.0013).

Tabla 13**Cálculo de la Probabilidad de Quiebra**

logit: Predictions for h

Confidence intervals by delta method

		95% Conf. Interval	
Pr(y=1 x):	0.0013	[-0.0024,	0.0050]
Pr(y=0 x):	0.9987	[0.9950,	1.0024]

	r2	r7	r18
x=	1.2617152	420.38511	.02750809

Nota: Elaboración propia.

Debe aclararse que en los modelos no-lineales los efectos parciales de las variables independientes están sujetos al valor que toman los regresores. El signo del coeficiente indicará correctamente la dirección del efecto parcial, pero para analizar la magnitud del efecto, deberá tenerse en cuenta en qué punto se evalúan los regresores. Es por este motivo que al pie de la salida se detallan los valores en que se especifica a los regresores (que por default suelen ser sus promedios, como ocurre en este caso).

Asimismo, es posible calcular el efecto marginal de los distintos regresores sobre la probabilidad condicional de observar default. Estos se muestran en la (Tabla 14), donde los regresores fueron evaluados en sus respectivos promedios.

Tabla 14**Efectos Marginales**

Marginal effects after logit
 y = Pr(h) (predict)
 = .0012769

variable	dy/dx	Std. Err.	z	P> z	[95% C.I.]	X
r2	-.0048194	.00526	-0.92	0.360	-.015134 .005496	1.26172
r7	2.65e-06	.00000	0.74	0.456	-4.3e-06 9.6e-06	420.385
r18	-.0105425	.01581	-0.67	0.505	-.041535 .02045	.027508

Nota: Elaboración propia.

Por último, es posible obtener distintas medidas de ajuste propuestas en la literatura de modelos no lineales, presentadas en la (Tabla 15). Debe advertirse, que no existe consenso sobre cuál de ellas es superior como una medida de interpretación como bondad de ajuste, tal como se las suele utilizar en los modelos lineales (es decir, porcentaje de variabilidad explicada por los regresores). No obstante, autores como Cameron y Trivedi (2005), sugieren concentrarse en el estadístico de Mac Fadden y Cragg-Uhler (Nagelkerke). De acuerdo con este último, el 62.5% de la varianza de la probabilidad de Default está explicado por los regresores empleados.

Tabla 15**Medidas de bondad de ajuste**

Measures of Fit for logit of h

Log-Lik Intercept Only:	-65.826	Log-Lik Full Model:	-28.068
D(305):	56.135	LR(3):	75.516
		Prob > LR:	0.000
McFadden's R2:	0.574	McFadden's Adj R2:	0.513
ML (Cox-Snell) R2:	0.217	Cragg-Uhler(Nagelkerke) R2:	0.625
McKelvey & Zavoina's R2:	0.870	Efron's R2:	0.480
Variance of y*:	25.260	Variance of error:	3.290
Count R2:	0.964	Adj Count R2:	0.353
AIC:	0.208	AIC*n:	64.135
BIC:	-1692.534	BIC':	-58.316
BIC used by Stata:	79.069	AIC used by Stata:	64.135

*Nota: Elaboración propia.***4.4.3. Pasos para Determinar el Nivel de Riesgo según Modelo Propuesto**

Los pasos para determinar el Nivel de Riesgo de una empresa en base al modelo logístico propuesto son los siguientes:

a) Cálculo de las razones financieras de Prueba Ácida (R2), Ciclo Operativo (R7) y la Rentabilidad sobre el Patrimonio ROE (R18) en base a las siguientes formulas:

$$1. \text{ Prueba Ácida} = \frac{(\text{Activo Circulante} - \text{Inventario})}{\text{Pasivo Circulante}} = \mathbf{R2}$$

$$2. \text{ Ciclo Operativo} = \text{Rot. Ctas. x Cobrar} + \text{Rot. Inventarios} - \text{Rot. Ctas. x pagar} = \mathbf{R7}$$

- $\text{Rotación Ctas. por Cobrar} = \frac{(\text{Ctas. por Cobrar} + \text{Anticipo Proveedores})}{\text{Ventas Anuales}} \times 360$

- $\text{Rotación de Inventarios} = \frac{\text{Inventarios}}{\text{Costos Anuales}} \times 360$

- $\text{Rotación Ctas. por Pagar} = \frac{\text{Ctas. por Pagar}}{\text{Costos Anuales}} \times 360$

$$3. \text{ Rentabilidad sobre el Patrimonio} = \text{ROE} = \frac{\text{Utilidad Neta Anual}}{\text{Patrimonio Neto}} = \mathbf{R18}$$

b) Cálculo de Z en base al siguiente algoritmo:

$$z = -2.538976 - 3.779129 * R2 + 0.0020755 * R7 - 8.266897 * R18$$

Donde:

Z = Default que se define como Quiebra Técnica

R2 = Prueba Ácida

R7 = Ciclo Operativo

R18 = Rentabilidad sobre el Patrimonio ROE

c = -2.538976 (constante)

c) Cálculo de Probabilidad de Default (PD) en base a la siguiente ecuación:

$$PD = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$

d) Clasificación del Nivel de Riesgo en base a la siguiente Matriz de Riesgo:

Tabla 16

Matriz de Riesgo de Crédito

Nivel de Riesgo	Probabilidad de Default (PD)	
	Desde:	Hasta:
Riesgo Bajo	0.0000%	2.15%
Riesgo Medio	2.1501%	7.3%
Riesgo Alto	7.3001%	100.00%

Nota: Elaboración propia.

Esta Matriz de Riesgo de Crédito fue determinada en base a los resultados de aplicar en todos los casos existentes en la Base de Datos de empresas con las que se estimó el modelo. Se pudo evidenciar una buena capacidad de predicción para los casos en los que efectivamente existe quiebra técnica (Tabla 16).

4.4.3.1. Ejemplo

Tomando el caso de una empresa en particular, los pasos serían los siguientes:

a) Calculamos en base a sus Estados Financieros los siguientes ratios financieros:

- R2 = Prueba Ácida de 0.6089
- R7 = Ciclo Operativo de 598 días
- R18= Rentabilidad sobre el Patrimonio ROE de -0.1288

Se debe tomar en cuenta que la Utilidad Neta, las Ventas y los Costos, si estamos trabajando con Estados Financieros No Anuales, deben Anualizarse utilizando una regla 3 o cualquier método alternativo.

b) Calculamos la variable Z

$$z = -2.538976 - 3.779129 * R2 + 0.0020755 * R7 - 8.266897 * R18$$

$$z = -2.538976 - 3.779129 * (0.6089) + 0.0020755 * (598) - 8.266897 * (-0.1288)$$

$$Z = -2.53$$

c) Calculamos la Probabilidad de Default (PD):

$$PD = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$

$$PD = \frac{1}{1 + e^{-(-2.534)}}$$

$$PD = 0.078 = 7.38\%$$

- d) Determinamos el nivel de riesgo de esta empresa en ese periodo, utilizando la matriz de riesgo (Tabla 16). En este caso dado que la PD es 7.38%, clasificamos como Riesgo Alto (semáforo Rojo).

4.4.3.2. Predicción de Default

Se consideraron tres casos de empresas de acuerdo con los ratios financieros. Una de ellas con situación financiera saludable, otra de ellas de riesgo medio y la tercera en posición de quiebra.

El modelo pronostica acertadamente la probabilidad de Default, dados los ratios financieros relevantes: Prueba Ácida (R2), Ciclo Operativo (R7) y Rentabilidad sobre el Patrimonio (ROE).

Tabla 17

Resultados de predicción de Default

	R2	R7	R18	z	PD=1/(1+e ^{^(-z)})
riesgo bajo	1,26	202	0,23	-8,80	0,02%
riesgo medio	0,47	312	0,01	-3,78	2,22%
riesgo alto	0,14	552	-0,34	0,86	70,37%

Nota: Elaboración propia.

4.5. Relación entre las Calificaciones de Riesgo y Razones Financieras

Adicionalmente, se estimó un Modelo Logístico Multinomial para relacionar las Calificaciones de Riesgo y los Ratios Financieros a fin de estimar la Probabilidad de Migración de una Clasificación de Riesgo a otra, utilizando la misma Base de Datos de empresas que la que sirvió para estimar la Probabilidad de Default, con la diferencia que se tuvo que prescindir de una parte de los datos (105 observaciones), debido a que existen empresas sin Calificación de Riesgo en el periodo de medición¹².

Para tal fin, se cuenta con 204 casos y se agruparon las Calificaciones de Riesgo en 4 niveles:

Tabla 18

Calificaciones de Riesgo

Grupo	Rating
1	AA1, AA2, AA3
2	A1, A2 y A3
3	BBB1, BBB2 y BBB3
4	C

Nota: Elaboración propia.

Se omitieron los valores AAA, dado que corresponden a una empresa cuyo Alto Nivel de Calificación de Riesgo está determinado principalmente por el mecanismo de garantía con Valores Públicos que minimiza la Probabilidad de Impago de su emisión de Valores de Renta Fija, más que por los niveles de solvencia, rentabilidad, eficiencia y liquidez que reflejan sus Estados Financieros.

4.5.1. Análisis de los datos

Dado que las calificaciones son variables de inicio cualitativas y no es posible asignarle un valor numérico a partir de una variable cuantitativa (como fue el caso de la variable Default/No Default creada a partir de la solvencia), previo a la elaboración de un modelo econométrico, se analizó la relación entre Solvencia (R21) y ratios financieros controlando por calificación o rating.

¹² Para determinar la probabilidad de default de una firma en función de los ratios financieros que presenta se buscó relacionar los mismos con las calificaciones de estado de situación. Se esperaba que mientras mejor esté considerada una empresa debería exhibir una mayor salud financiera. El objetivo es determinar si los ratios financieros influyen en cada una de las calificaciones en los sentidos esperados.

Para que un modelo de estas características sirva a los propósitos esperados la dirección de las relaciones deberían tener los signos correctos, por ejemplo, la capacidad de atención de pasivos de corto plazo con activos líquidos debería estar relacionada con una mayor calificación. De igual manera, un mayor rendimiento del capital tendría que guardar relación con un mejor estatus empresarial desde el punto de vista de su calificación.

Sería de esperar que la insolvencia de una empresa, por ejemplo, con relación al Ciclo Operativo (R7), sea de un mayor rigor en aquellas firmas con menor calificación, lo mismo podría decirse acerca de la asociación con el ratio Gastos Administrativos/Gastos Operativos (R9), en general firmas de menor rating suelen tener gastos administrativos elevados que afectan negativamente su solvencia.

En este entendido, el objetivo de este ejercicio es determinar la existencia de relaciones entre la situación financiera de las empresas, su solvencia, dada su calificación.

4.5.2. Análisis de correlación

La relación negativa (-0.4920) entre la Solvencia (R21) y el Ciclo Operativo (R7) es más profunda para aquellas empresas con rating 3 (calificaciones BBB1, BBB2, BBB3). Ese resultado refleja el hecho esperado de que las firmas con peores desempeños cuentan con tiempos más largos desde el momento de inicio de un proceso productivo hasta su culminación evidenciado por el ingreso de efectivo (Tabla 21).

Las empresas mejor puntuadas, rating 1 (calificaciones AA1, AA2, AA3), exhiben una relación mayor (-0.3932) con el Ciclo Operativo (R7) al igual que las empresas con rating 2 (calificaciones A1, A2, A3) (-0.2487), en estas últimas el grado de correlación refleja un menor signo de insolvencia (Tabla 19 y 20).

Para el caso de las empresas con rating 3 es importante la correlación con el ratio (R9) de Gastos Administrativos/Gastos Operativos (-0.7296). En los otros dos casos, esta relación es prácticamente inexistente, (-0.0799) y (-0.0966) respectivamente.

Tabla 19

Correlaciones entre Solvencia (R1) y Ratios Financieros para Rating = 1

	r21	r2	r4	r5	r6	r7	r9
r21	1.0000						
r2	-0.1217	1.0000					
r4	-0.0883	-0.3796	1.0000				
r5	-0.1068	-0.3163	0.8153	1.0000			
r6	-0.1111	-0.2086	0.1343	-0.0006	1.0000		
r7	-0.3932	0.2714	0.4393	0.3676	-0.1263	1.0000	
r9	-0.0799	0.5433	-0.6296	-0.6741	-0.0006	0.2008	1.0000

Rating=1 contiene las calificaciones AA1, AA2, AA3

Nota: Elaboración propia.

Tabla 20**Correlaciones entre Solvencia (R1) y Ratios Financieros para Rating =2**

	r21	r2	r4	r5	r6	r7	r9
r21	1.0000						
r2	0.0140	1.0000					
r4	-0.1843	0.0865	1.0000				
r5	-0.1107	-0.0797	0.7020	1.0000			
r6	0.0035	0.0775	-0.3711	-0.2662	1.0000		
r7	-0.2487	0.1561	0.9591	0.6755	-0.3958	1.0000	
r9	-0.0966	0.1861	0.3884	0.1011	-0.2049	0.3807	1.0000

Rating=2 contiene las calificaciones A1, A2, A3

*Nota: Elaboración propia.***Tabla 21****Correlaciones entre Solvencia (R21) y Ratios Financieros para Rating =3**

	r21	r2	r4	r5	r6	r7	r9
r21	1.0000						
r2	0.0382	1.0000					
r4	-0.1015	-0.6362	1.0000				
r5	-0.0902	-0.2427	0.1874	1.0000			
r6	-0.1389	0.5206	-0.1797	-0.2422	1.0000		
r7	-0.4920	-0.3620	0.2475	0.2955	-0.5471	1.0000	
r9	-0.7296	0.0239	0.0930	0.1130	-0.1453	0.5476	1.0000

Rating=3 contiene las calificaciones BBB1, BBB2, BBB3

Nota: Elaboración propia.

Para el caso de las firmas con rating 1 y 2, la Solvencia (R21) guarda una relación negativa y similar con los ratios Pasivo/Patrimonio (R12), Pasivo/Activo (R13) y Activo/Patrimonio (R14), en cambio, respecto de la empresas con rating 3 la asociación lineal es significativamente mayor (Tabla 22, 23 y 24). En este caso, podría ser conveniente evaluar estos ratios por su elevada correlación con la solvencia.

Tabla 22**Correlaciones entre Solvencia (R21) y Ratios Financieros para Rating =1**

	r21	r12	r13	r14	r17	r18	r19
r21	1.0000						
r12	-0.2849	1.0000					
r13	-0.3166	0.9697	1.0000				
r14	-0.2849	1.0000	0.9697	1.0000			
r17	0.1141	-0.2945	-0.3343	-0.2945	1.0000		
r18	0.0787	0.0074	-0.0243	0.0074	0.9360	1.0000	
r19	0.1300	-0.5621	-0.6425	-0.5621	0.7555	0.5536	1.0000

Rating=1 contiene las calificaciones AA1, AA2, AA3

Nota: Elaboración propia.

Tabla 23

Correlaciones entre Solvencia (R21) y Ratios Financieros para Rating =2

	r21	r12	r13	r14	r17	r18	r19
r21	1.0000						
r12	-0.3412	1.0000					
r13	-0.2084	0.9282	1.0000				
r14	-0.3412	1.0000	0.9282	1.0000			
r17	0.6806	-0.1314	0.0024	-0.1314	1.0000		
r18	0.6443	-0.0772	0.0536	-0.0772	0.9504	1.0000	
r19	0.3760	-0.0178	0.0744	-0.0178	0.7543	0.7125	1.0000

Rating=2 contiene las calificaciones A1, A2, A3

Nota: Elaboración propia.

Tabla 24

Correlaciones entre Solvencia (R21) y Ratios Financieros para Rating =3

	r21	r12	r13	r14	r17	r18	r19
r21	1.0000						
r12	-0.7704	1.0000					
r13	-0.7271	0.9793	1.0000				
r14	-0.7704	1.0000	0.9793	1.0000			
r17	0.6946	-0.3625	-0.3386	-0.3625	1.0000		
r18	0.6721	-0.3255	-0.3027	-0.3255	0.9949	1.0000	
r19	0.6068	-0.3071	-0.3012	-0.3071	0.9465	0.9454	1.0000

Rating=3 contiene las calificaciones BBB1, BBB2, BBB3

Nota: Elaboración propia.

Para las empresas con rating 2 y 3 destaca ampliamente la correlación entre la Solvencia (R21), Rentabilidad sobre Activos (R17), Rentabilidad sobre el Patrimonio (R18) y la Rentabilidad sobre Ventas (R19) (Tabla 23 y 24). Para las empresas con rating 1, esta correlación es visiblemente reducida (Tabla 22).

Del análisis de correlación se concluye que, para el caso de las empresas con rating 1 destaca la correlación entre la Solvencia (R21) y el Ciclo Operativo (R7) y en alguna medida con la Prueba Ácida (R2). Respecto de los ratios de rentabilidad no se evidencia relación alguna.

Con relación a las empresas con rating 2, el Ciclo Operativo (R7) débilmente, al igual que los ratios Pasivo/Patrimonio (R12), Pasivo/Activo (R13) y Activo/Patrimonio (R14) muestran una correlación moderada con la Solvencia (R21). En cambio, destaca ampliamente la asociación con el ratio de Rendimiento sobre el Activo (R17) y Rendimiento sobre el Patrimonio (R18).

Por último, para las empresas con rating 3 las correlaciones respecto a la Solvencia (R21), son con mucho, superiores para el Ciclo Operativo (R7), Gastos Administrativos/Gastos Operativos (R9), Pasivo/Patrimonio (R12) y Activo/Patrimonio (R14) especialmente. En cambio, destaca ampliamente la asociación con los ratios de Rendimiento sobre Activos (R17).

No obstante, debido a la elevada relación lineal entre estos ratios, su inclusión conjunta podría generar problemas agudos de multicolinealidad que, como el caso de la anterior estimación, no sea posible encontrar los distintos errores estándar de los parámetros estimados.

4.5.3. Estimación del Modelo Logit Multinomial

De acuerdo con el análisis previo, se estimó un modelo Logit Multinomial que como variable dependiente contiene a las distintas calificaciones, Rating 1, 2 y 3, en función de los ratios financieros con los que previamente se encontró correlaciones de magnitudes apreciables que podrían reflejarse en estimadores significativos desde un punto de vista estadístico.

En este tipo de modelos se desea modelar la probabilidad de que una firma pertenezca a alguna de las categorías condicional a las variables explicativas. Para este cálculo en principio debería observarse significatividad estadística.

Los resultados presentados en la (Tabla 25) muestran que, primeramente, para el caso del rating 2 solamente son significativas la relación Pasivo/Patrimonio (R12) y la Rentabilidad sobre el Activo (R17) y, para el caso del rating 3, en algunos casos al 10% de significancia (probabilidad del error tipo 1), todos los ratios son significativos.

Tabla 25

Modelo Logit Multinomial

rating	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
1	(base outcome)					
2						
r2	.33702	.1840571	1.83	0.067	-.0237254	.6977653
r7	.0002981	.0008732	0.34	0.733	-.0014133	.0020096
r9	-1.407877	.8672576	-1.62	0.105	-3.107671	.2919163
r12	2.16719	.3977013	5.45	0.000	1.38771	2.946671
r17	-22.17653	5.673428	-3.91	0.000	-33.29624	-11.05681
_cons	-1.836835	.6876406	-2.67	0.008	-3.184586	-.4890841
3						
r2	-1.043862	.3995174	-2.61	0.009	-1.826901	-.2608219
r7	-.006443	.003664	-1.76	0.079	-.0136242	.0007383
r9	12.7905	3.322707	3.85	0.000	6.278115	19.30289
r12	-3.637513	1.631651	-2.23	0.026	-6.83549	-.439536
r17	-17.65696	10.24586	-1.72	0.085	-37.73848	2.424567
_cons	-2.608646	1.738023	-1.50	0.133	-6.015109	.797816

Nota: Elaboración propia.

No obstante, en estos modelos lo más recomendable es realizar una prueba de manera conjunta, sin discriminar por categoría. De acuerdo con los resultados de la prueba señalada, los estimadores son significativamente distintos de cero en cada una de las categorías (Tabla 26).

Tabla 26

Test de significancia global de los estimadores

```
mlogtest, lr
Likelihood-ratio tests for independent variables (N=204)
Ho: All coefficients associated with given variable(s) are 0.
```

	chi2	df	P>chi2
r2	19.057	2	0.000
r7	5.560	2	0.062
r9	57.681	2	0.000
r12	78.210	2	0.000
r17	18.037	2	0.000

Nota: Elaboración propia.

El resultado anterior permite hacer evaluaciones de los resultados encontrados. En principio para evaluar la consistencia de los resultados se realizó un análisis de la probabilidad de cambio o permanencia en una calificación de acuerdo con los niveles de rating observados.

4.5.4. Análisis de cambios de probabilidad para calificaciones

Cuando existen mejoras en la Prueba Ácida (R2) aumenta la probabilidad de pertenecer al rating 2 (7.99%), mientras que disminuye la probabilidad de que una firma entre al rating 3 (-0.126%), pero con probabilidades casi iguales a cero, mientras que la probabilidad de salir del rating 1 se reduce (-7.87%), (Tabla 27).

Tabla 27

Probabilidad Cambio de Rating respecto a Prueba Ácida (R2)

```
mlogit: Changes in Probabilities for rating

r2
      Avg|Chg|           2           3           1
Min->Max  .32101448  .48152173  -.00599351  -.47552821
  +1/2    .05323088  .07984632  -.00134006  -.07850626
  +sd/2    .07297619  .10946429  -.00193859  -.10752568
MargEfct  .05331188  .07996782  -.00126101  -.07870681

      2           3           1
Pr(y|x)  .6210708  .0010071  .37792212

      r2           r7           r9           r12           r17
x=  1.64282  305.701  .467817  1.39606  .030577
sd_x= 1.37277  246.239  .301257  .867161  .038705
```

Nota: Elaboración propia.

Al igual que en el caso anterior, un Ciclo Operativo (R7) de mayor duración aumenta la probabilidad de pertenecer al rating 2 (0.0074%) y disminuye la probabilidad de ser calificado como de orden 3 (-0.00066%) o 1 (-0.0067%). Lo de esperar sería que aumenta la probabilidad de pertenecer al rating 3 y disminuya la probabilidad de calificar como rating 1 o 2 (Tabla 28).

Tabla 28

Probabilidad Cambio de Rating respecto a Ciclo Operativo (R7)

```
mlogit: Changes in Probabilities for rating
```

r7		2	3	1
Min->Max	Avg Chg	.11673456	-.00479281	-.11194175
+1/2		.00007421	-6.669e-06	-.00006753
+sd/2		.01837718	-.00182892	-.01654825
MargEfct		.00007419	-6.669e-06	-.00006752

Pr(y x)	2	3	1
	.6210708	.0010071	.37792212

x=	r2	r7	r9	r12	r17
	1.64282	305.701	.467817	1.39606	.030577
sd_x=	1.37277	246.239	.301257	.867161	.038705

Nota: Elaboración propia.

Una relación de más Gastos Administrativos con relación a Gastos Operativos (R9) disminuye la probabilidad de que una firma sea calificada con un rating 2 (-33.93%) y aumenta la probabilidad, como sería de esperar, de que sea calificada como de rating 3 (1.37%), no obstante, también aumenta la probabilidad de ser calificado como de rating 1 (32.55%), algo que sería una contradicción en los términos (Tabla 29).

Tabla 29

Probabilidad Cambio de Rating respecto a Gtos.Adm./Gtos.Oper. (R9)

```
mlogit: Changes in Probabilities for rating
```

r9		2	3	1
Min->Max	Avg Chg	-.54956461	.57551788	-.02595326
+1/2		-.53020477	.46822207	.06198269
+sd/2		-.10380733	.00766585	.09614152
MargEfct		-.33933265	.01374889	.32558376

Pr(y x)	2	3	1
	.6210708	.0010071	.37792212

x=	r2	r7	r9	r12	r17
	1.64282	305.701	.467817	1.39606	.030577
sd_x=	1.37277	246.239	.301257	.867161	.038705

Nota: Elaboración propia.

Más Deuda sobre Patrimonio (R12) aumenta la probabilidad de que una firma sea calificada como de rating 2 (51.23%), con una probabilidad alta, cuando se esperaría que su calificación sea menor. En este caso que la probabilidad de ser calificada como de rating 1 (-50.72%) es consistente con la teoría (Tabla 30).

Tabla 30

Probabilidad Cambio de Rating respecto a Pasivo/Patrimonio (R12)

```
mlogit: Changes in Probabilities for rating
```

r12				
	Avg Chg	2	3	1
Min->Max	.61124308	.91686464	-.17937386	-.73749074
+1/2	.31704368	.47556552	-.01037222	-.46519329
+sd/2	.2798726	.41980886	-.00768898	-.41211995
MargEfct	.34153719	.51230579	-.00501517	-.50729062

	2	3	1
Pr(y x)	.6210708	.0010071	.37792212

	r2	r7	r9	r12	r17
x=	1.64282	305.701	.467817	1.39606	.030577
sd_x=	1.37277	246.239	.301257	.867161	.038705

Nota: Elaboración propia.

Por último, respecto del Rendimiento sobre el Activo (R17), de acuerdo con lo esperado, si se observa un incremento de la probabilidad de que una empresa sea calificada como de rating 1 (521%), junto con una disminución de la probabilidad de que no llegue a ser calificada como de rating 2 (-520%) o 3 -(0.389%) (Tabla 31).

Tabla 31

Probabilidad Cambio de Rating respecto a Rendimiento sobre Activos (R17)

```
mlogit: Changes in Probabilities for rating
```

r17				
	Avg Chg	2	3	1
Min->Max	.48786539	-.7312703	-.0005278	.73179808
+1/2	.66664346	-.99979636	-.00016883	.99996519
+sd/2	.13281167	-.19906843	-.00014909	.1992175
MargEfct	3.4746095	-5.2080208	-.00389342	5.2119142

	2	3	1
Pr(y x)	.6210708	.0010071	.37792212

	r2	r7	r9	r12	r17
x=	1.64282	305.701	.467817	1.39606	.030577
sd_x=	1.37277	246.239	.301257	.867161	.038705

Nota: Elaboración propia.

4.6. Conclusiones y Recomendaciones

4.6.1. Conclusiones

Mediante un modelo Logit de elección binaria, en principio se determinó los ratios financieros que son útiles para estimar la probabilidad de Default para las empresas industriales y de construcción en Bolivia. De este ejercicio se llegó a establecer que la Liquidez, medida por la Prueba Ácida, el Ciclo Operativo y el Rendimiento sobre el Patrimonio consiguen explicar la posibilidad de que una firme ingrese en una situación de quiebra. Como sería de esperar, una posición más líquida está relacionada con una menor probabilidad de quiebra. Por su parte, cuanto mayor es el ciclo operativo (periodo que media entre la adquisición de inventarios y el cobro por los productos vendidos) de una empresa, en general su grado de solvencia tiende a decaer. Por último, una mayor rentabilidad sobre el patrimonio es sinónimo de un menor riesgo de Default.

La probabilidad de quiebra reacciona en mayor medida a un cambio en la liquidez y no se ve alterada por los cambios en el ciclo de negocios. Esto quiere decir que, la disponibilidad de saldos líquidos es lo que en mayor medida determina la posibilidad de quiebra de una firma.

Se siguió esta orientación bajo la premisa de que mientras más saludable sea una firma en términos financieros, mayor debería ser su solvencia y por tanto menor la posibilidad de que enfrente una quiebra.

Se consideraron tres casos de empresas de acuerdo con los ratios financieros. Una de ellas con situación financiera saludable, otra de ellas de riesgo medio y la tercera en posición de quiebra. El modelo pronostica acertadamente la probabilidad de Default, dados los ratios financieros relevantes, por lo que, puede ser utilizado como un instrumento para estimar la probabilidad de Default de una firma del rubro estudiado, a partir de los ratios que resultaron significativos

Por tanto, la hipótesis: "Los ratios financieros de rendimiento sobre el patrimonio, de razón circulante y de ciclo de negocios son los factores determinantes de la probabilidad de incumplimiento de las empresas pertenecientes al sector industrial y de la construcción manufacturero en Bolivia", no es rechazada.

La Matriz de Riesgo de Crédito fue determinada en base a los resultados de aplicar en todos los casos existentes en la base de datos de empresas con las que se estimó el modelo. Se pudo evidenciar una buena capacidad de predicción para los casos en los que efectivamente

existe quiebra técnica, con lo que se dio cumplimiento al objetivo del trabajo “determinar una calificación crediticia o credit scoring para las empresas industriales y de construcción en Bolivia”.

Adicionalmente se estudió la posibilidad de que el nivel de ratios financieros determine la probabilidad de cambios en los niveles de calificación de las firmas. Para este segundo caso se utilizó un modelo Logit Multinomial que considera como variable dependiente las distintas calificaciones de las empresas como función de los ratios financieros señalados.

De acuerdo con los resultados de los análisis de correlaciones y del modelo logístico multinomial planteado en varios escenarios, se concluye que no existe una relación del todo clara y/o consistente entre los ratios financieros y las calificaciones de riesgo. Esto se podría explicar sobre todo en el hecho de que no existen criterios financieros cuantitativos uniformes entre las Calificadoras de Riesgo locales y por otro, el criterio subjetivo de los analistas jugaría un papel preponderante en la determinación de las mismas, lo que depende también del peso que tienen aspectos relevantes como por ejemplo, el Gobierno Corporativo dentro de la calificación y la Metodología de Evaluación del Rating que aplica cada Calificadora de Riesgo para evaluar sus emisiones de valores y a la contraparte en sí misma.

4.6.2. Recomendaciones

Dentro de otros factores que podrían estar explicando que no todos los depósitos en el sistema financiero, tomando en cuenta las reservas bancarias exigidas por ley y las que deciden mantener los bancos comerciales para atender la demanda de liquidez de sus clientes, la ausencia de un medio para discriminar entre clientes solventes y no solventes, podría ser un factor determinante para la moderada expansión del crédito en la economía de Bolivia, con repercusiones sobre la inversión, el consumo, el producto y el empleo.

Esta problemática también suele determinar mayores gastos administrativos por la necesidad de gestionar la cartera y conlleva procedimientos rudimentarios en tiempos de digitalización de las operaciones. La falta de un medio de discriminación por tipo de cliente también retrasa el otorgamiento del crédito y alienta el encarecimiento de este y la reducción de los plazos.

En este entendido es recomendable que las instituciones de intermediación financiera de Bolivia se pongan al corriente de las técnicas modernas empleadas en instituciones de similares características en otras economías para de esta manera agilizar el crédito que motiva el crecimiento y el empleo. De igual manera, este instrumental reduce el riesgo del crédito y la probabilidad de impagos que se reflejan en una menor salud financiera y en la posibilidad de que

un ente regulador intervenga en desfavor de la posibilidad de alcanzar mayores tasas de ganancia.

Un mecanismo de estas características permite además un mayor dinamismo del crédito del sector productivo con una mayor inmediatez y, por último, una mejor asignación del capital financiero en la medida en la que este es destinado en mayores volúmenes hacia las firmas con mejores resultados y en menor medida hacia aquellas que han demostrado ser menos productivas.

Tabla 32*Anexo - Listado de Empresas Objeto de Estudio*

	CÓDIGO	NOMBRE CORTO	NOMBRE COMPLETO
1	BVC	La Concepción S.A.	Bodegas y Viñedos de La Concepción S.A.
2	FIN	Industrias de Aceite S.A.	Industrias de Aceite S.A.
3	GRB	Gravetal Bolivia S.A.	Gravetal Bolivia S.A.
4	ISA	Industrias Sucroalcoholeras ISA S.A.	Industrias Sucroalcoholeras ISA S.A.
5	NUT	Nutrioil S.A.	Sociedad Agroindustrial Nutrioil S.A.
6	POL	Prolega S.A.	Procesadora de Oleaginosas Prolega S.A.
7	SOF	Sofía Ltda.	Granja Avícola Integral Sofía Ltda.
8	CAC	Ameco S.A.	Compañía Americana de Construcciones S.A.
9	AGU	Ingenio Sucroalcoholero Aguaí S.A.	Ingenio Sucroalcoholero Aguaí S.A.
10	DIN	NTI S.A.	Droguería INTI S.A.
11	FAN	FANCESA	Fábrica Nacional de Cemento S.A.
12	IMQ	Impresiones Quality S.R.L.	Impresiones Quality S.R.L.
13	IOL	Industrias Oleaginosas S.A.	Industrias Oleaginosas S.A.
14	PAP	La Papelera S.A.	La Papelera S.A.
15	PEN	Productos Ecológicos Naturaleza S.A.	Productos Ecológicos Naturaleza S.A.
16	PLR	Tigre S.A. Tubos, Conexiones y Cables	Tigre S.A. Tubos, Conexiones y Cables
17	QFC	Quinoa Foods Company S.R.L.	Quinoa Foods Company S.R.L.
18	SBC	SOBOCE S.A.	Sociedad Boliviana de Cemento S.A.
19	TSM	Industria Textil TSM S.A.	Industria Textil TSM S.A.

Nota: Elaboración propia.

Bibliografía

- Bolton, C. (2009). *Logistic regression and its application in credit scoring* [Regresión logística y su aplicación en credit scoring]. University of Pretoria. <https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/27333/dissertation.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cameron, C. y Trivedi, P. (2005). *Microeconometrics Methods and Applications* [Microeconometría Métodos y Aplicaciones]. Cambridge University Press (1ª ed.).
- Carter, H. , William, G. y Guay, L. (2018). *Principles of Econometrics* [Principios de Econometría]. Wiley. (5ª ed.)
- Dornbusch, R. y Fischer, S. (1994). *Macroeconomía*. McGrawHill (3ª ed.).
- Freixas, X. y Rochet, J. (2008). *Microeconomics of Banking* [Microeconomía de la Banca]. The MIT Press Cambridge (2ª Ed.)
- Galetovic, Alexander (1994). *Finance and Growth: A Synthesis and Interpretation of the Evidence* [Finanzas y crecimiento: una síntesis e interpretación de la evidencia]. *International Finance Discussion Papers 477, Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.)*. <https://www.federalreserve.gov/pubs/ifdp/1994/477/ifdp477.pdf>
- Greene, W. (2018). *Econometric Analysis* [Análisis Econométrico]. Pearson (8ª ed.)
- Kreps, D.(1990). *A Course in Microeconomic Theory* [Un Curso en Teoría Microeconómica]. Princeton University Press.
- Merton, R. (1993). *Operation and Regulation in Financial Intermediation: A Funtional Perspective* [Operaciones y regulaciones en el sistema financiero de regulación: Una perspectiva funcional]. Sweden Englund Stockilm: Ekonimiska radet.
- Mishkin, F. (2014). *Moneda, Banca y Mercados Financieros*. Pearson Education (10ª ed.)
- Rayo, S., Lara, J. y Camino, D (2010). un Modelo de Credit scoring para instituciones de microfinanzas en el marco de Basilea II. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 15(28), 89-124. www.scielo.org.pe/pdf/jefas/v15n28/a05v15n28.pdf

Ross, S., Westerfield, R. y Jaffe, J. (2012). *Finanzas Corporativas*. McGrawHill (9ª ed.).

Torrice, S. (2014). Macro credit scoring como propuesta para cuantificar el riesgo de crédito. *Investigación y Desarrollo. Universidad Privada Boliviana*, 15(2), 42-63. http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v2n14/v2n14_a04.pdf

Vargas, A. y Mostajo, S. (2014). Medición del riesgo crediticio mediante la aplicación de métodos basados en calificaciones internas. *Investigación y Desarrollo. Universidad Privada Boliviana*, 15(2), 5-25. http://www.scielo.org.bo/pdf/riyd/v2n14/v2n14_a02.pdf

Wooldridge J. (2015). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. [Introducción a la Econometría. Un Enfoque Moderno]. Cengage Learning (6ª ed.)