



**Universidad de Chile**  
**Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas**  
**Escuela de Economía y Administración**

# **ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS DE PREDICCIÓN DE QUIEBRA Y LA PROBABILIDAD DE BANCARROTA**

Seminario Para Optar al Título de Ingeniero Comercial  
Mención Administración

**EDUARDO ALEJANDRO RINGELING PAPIĆ**

Profesor Guía: Rafael Romero Meza

Santiago, Chile  
Primavera 2004

### **Agradecimientos:**

Quisiera agradecer a Luisa Vlahović G., por su invaluable contribución con respecto a los aspectos jurídicos de la quiebra.

## Índice:

	Página
<b>Resumen Ejecutivo</b> -----	<b>1</b>
<b>I. Introducción:</b> -----	<b>2</b>
<b>II. Aspecto Jurídico de la Quiebra en Chile</b>	
<b>II.1. Consideraciones Generales</b> -----	<b>5</b>
<b>II.2. Noción de Quiebra</b> -----	<b>6</b>
<b>II.3. Intereses comprometidos en la Quiebra</b> -----	<b>8</b>
<b>II.4. Características de la Quiebra</b> -----	<b>9</b>
<b>II.5. Presupuestos de la Quiebra</b> -----	<b>10</b>
<b>II.5.1. Sujeto Pasivo</b> -----	<b>10</b>
<b>II.5.1.1. Regla general</b> -----	<b>10</b>
<b>II.5.1.2. Situaciones especiales</b> -----	<b>10</b>
<b>II.5.1.2.1. Personas naturales</b> -----	<b>10</b>
<b>II.5.1.2.2. Personas jurídicas</b> -----	<b>11</b>
<b>II.5.2. Sujeto Activo</b> -----	<b>15</b>
<b>II.5.3. Concurrencia de una causal legal</b> -----	<b>15</b>
<b>II.5.4. Condictio Iuris (sentencia)</b> -----	<b>19</b>
<b>II.6. Efectos de la Quiebra</b> -----	<b>21</b>
<b>II.7. Prelación de Créditos: En Anexo 1</b> -----	<b>23</b>
<b>III. Modelos Univariados de predicción de quiebra:</b>	
<b>III.1 Introducción a los modelos univariados</b> -----	<b>24</b>
<b>III.1.1. El problema de acotar la crisis financiera</b> -----	<b>24</b>
<b>III.1.2 Indicadores de crisis financiera</b> -----	<b>26</b>

<b>III.2. Cocientes o Ratios financieros-----</b>	<b>28</b>
<b>III.2.1. Conceptos Generales-----</b>	<b>28</b>
<b>III.2.2. Cocientes de liquidez-----</b>	<b>29</b>
<b>III.2.3. Cocientes de endeudamiento-----</b>	<b>32</b>
<b>III.2.4. Cocientes de rentabilidad-----</b>	<b>34</b>
<b>III.3 Modelos Univariados de predicción de quiebra, una aplicación---</b>	<b>37</b>
<b>III.3.1. Estudio de un caso: La Quiebra de Ferrovias USA---</b>	<b>37</b>
<b>III.3.2. Diferencia en la Distribución de lo Ratios entre las Quebradas y las No Quebradas:-----</b>	<b>39</b>
<b>III.3.3. Prueba de Poder Predictivo-----</b>	<b>40</b>
<b>III.3.4. Comentarios sobre el ejemplo-----</b>	<b>42</b>
<b>III.3.5. Diferencias en las distribuciones de las variables-----</b>	<b>43</b>
<b>IV. Modelos Multivariados:</b>	
<b>IV.1. Análisis Discriminante Múltiple (MDA)-----</b>	<b>45</b>
<b>IV.2. Desarrollo del modelo Z-Score-----</b>	<b>48</b>
<b>IV.3. Implementación del modelo Z-Score para el caso Chileno -----</b>	<b>50</b>
<b>IV.4. Modelo ZETA®-----</b>	<b>52</b>
<b>V. Modelos Logit y Probit (Ohlson 1980):</b>	
<b>V.1. Antecedentes Generales-----</b>	<b>56</b>
<b>V.2 Estimación del O-Score -----</b>	<b>58</b>
<b>V.3 Estimación del O-Score para el caso Chileno-----</b>	<b>60</b>

## **VI. Modelos Basados en Redes Neuronales:**

<b>VI.1. Redes neuronales y su aplicación a la predicción de quiebra -----</b>	<b>62</b>
<b>VI.2. El Modelo de Redes Neuronales Artificiales-----</b>	<b>63</b>
<b>VI.3. El estado de la técnica-----</b>	<b>66</b>
<b>VI.3.1. Datos observados y variables escogidas-----</b>	<b>67</b>
<b>VI.3.2. Arquitectura Neuronal-----</b>	<b>69</b>
<b>VI.4. Resumen y perspectivas respecto a redes neuronales-----</b>	<b>72</b>

## **VII. Modelos Basados en Black-Scholes-Merton y la valoración de opciones:**

<b>VII.1. Nociones Generales del modelo-----</b>	<b>74</b>
<b>VII.2. BSM y la Probabilidad de Quiebra (<i>BSM-Prob</i>)-----</b>	<b>79</b>
<b>VII.3. Modelos privados de estimación Prob. de Quiebra (<i>EDF<sup>TM</sup></i>)-----</b>	<b>84</b>
<b>VII.3.1 Riesgo de quiebra según Moody's-----</b>	<b>85</b>
<b>VII.3.2. Probabilidad de quiebra según Moody's-----</b>	<b>88</b>
<b>VII.3.2.1. Estimar el valor y la volatilidad de los activos- 89</b>	
<b>VII.3.2.2. Calcular la DQ(distancia de la quiebra)-----</b>	<b>90</b>
<b>VII.3.2.3. Calcular la probabilidad de Quiebra -----</b>	<b>92</b>
<b>VII.4. Modelos de estimación Probabilidad de Quiebra para sociedades cerradas</b>	
<b>VII.4.1. Inspección del modelo: “Private Firm Model”(PFM)---</b>	<b>93</b>
<b>VII.4.2. Inspección del modelo: “RiskCalc”-----</b>	<b>96</b>
<b>VII.4.2.1. Selección de variables (RiskCalc)-----</b>	<b>98</b>
<b>VII.4.2.2. Trasformación (RiskCalc)-----</b>	<b>98</b>
<b>VII.4.2.3. Modelación (RiskCalc)-----</b>	<b>99</b>
<b>VII.4.2.4. Calibración (RiskCalc)-----</b>	<b>99</b>
<b>VII.4.2.5. Validación (RiskCalc) -----</b>	<b>100</b>

<b>VII. Conclusiones:</b> -----	101
---------------------------------	-----

<b>VIII. Bibliografía:</b> -----	105
----------------------------------	-----

**Anexos:**

<b>Anexo 1. Prelación de Créditos</b> -----	108
---	-----

<b>A.1.1 Generalidades</b> -----	108
----------------------------------	-----

<b>A.1.2. Causas de preferencia y clase de créditos</b> -----	109
---	-----

<b>A.1.3. Clasificación de las preferencias</b> -----	109
---	-----

<b>A.1.4. Clases de créditos</b> -----	110
--	-----

<b>A.1.4.1. Créditos de la primera clase</b> -----	110
--	-----

<b>A.1.4.2. Créditos de la segunda clase</b> -----	112
--	-----

<b>A.1.4.3. Créditos de la tercera clase</b> -----	113
--	-----

<b>A.1.4.4. Créditos de la cuarta clase</b> -----	114
---	-----

<b>A.1.4.5. Créditos de la quinta clase o créditos valistas</b> -----	114
---	-----

## **RESUMEN EJECUTIVO:**

Dadas las consecuencias pecuniarias y sociales asociadas a la quiebra, ¿existe alguna forma de determinar, a priori, cuáles empresas están más propensas a caer en desgracia? Antes de la quiebra, no existe ningún método para discriminar inequívocamente entre las empresas que quebrarán y las que no, sin embargo, uno puede realizar predicciones probabilísticas de la verosimilitud de quiebra, dicho de otro modo, se puede estimar la probabilidad de quiebra, para lo cual existen múltiples modelos.

El objetivo de esta investigación radica en la revisión, análisis y comparación de los distintos modelos de predicción de bancarrota. Para esto, se parte de los modelos univariados más simples y se va aumentando el nivel de complejidad hasta llegar a los modelos privados más recientes. En términos generales, los modelos se pueden dividir en dos categorías: aquellos que usan la información disponible en los estados financieros de las empresas y los que usan los precios de mercado -junto con su variabilidad- para realizar las estimaciones de probabilidad de quiebra.

Las características del mercado Chileno, a saber: su legislación, disponibilidad de datos y profundidad del mercado accionario, dificulta la implementación de los modelos de predicción de quiebra. Esta dificultad deja el campo abierto para la demostración empírica, ya que muy pocos modelos se han empleado a nivel local, motivo por el cual se comentarán, a lo largo de este estudio, las posibles implementaciones de los modelos para el caso chileno.

## I. INTRODUCCIÓN:

Toda persona que inicia una actividad económica lo hace confiada en su éxito, pero dicho éxito es incierto. Estudios hechos en EEUU señalan que en aquel país surgían anualmente 400.000 nuevas empresas privadas, de éstas el 35% fracasa en los tres primeros años, en los cinco primeros años el 55% y en los diez primeros años el 80%. La pregunta obvia frente a esta situación es: ¿Qué factores hacen que ciertas empresas sobrevivan y otras no logren mantenerse en el tiempo? Y no sólo las empresas nuevas quiebran, sino que también, otras de larga trayectoria. El tamaño tampoco parece ser impedimento para la quiebra, ya que en las últimas décadas grandes conglomerados han enfrentado la bancarrota o la reestructuración profunda de sus operaciones, por lo que la respuesta a la interrogante sigue abierta a la discusión. Hay corrientes de pensamiento que suponen que la quiebra se debe a problemas de liquidez, otros piensan que se debe a una deficiente administración, otra visión afirma que los ciclos económicos y los cambios estructurales del mercado favorecen a ciertas empresas, mientras que otras se vuelven ineficientes. Al final del día lo único que se puede decir es que los procesos y factores que llevan a una empresa a la quiebra son tremendamente complejos y particulares, por lo que, en el mejor de los casos, los economistas y administradores podremos tener una intuición bien fundada respecto de qué es lo que afecta generalmente la salud de las empresas.

Dadas las consecuencias pecuniarias y sociales asociadas a la quiebra, ¿existe alguna forma de determinar, a priori, cuales empresas son mas propensas a caer en desgracia? Antes de la quiebra, no existe ningún método para discriminar inequívocamente entre empresas que quebrarán y las que no; sin embargo, uno puede realizar predicciones probabilísticas de la verosimilitud



de quiebra. Es decir, se puede estimar la probabilidad de quiebra, para lo cual existen múltiples modelos. La motivación de este trabajo de investigación es la de revisar, analizar y comparar los distintos modelos de predicción de bancarrota; junto a esto, se harán comentarios sobre las posibles implementaciones de los modelos en nuestro país. Se parte de los modelos univariados más simples y se va aumentando el nivel de complejidad hasta llegar a los modelos privados más recientes. En términos generales, los modelos se pueden dividir en dos categorías: aquellos que usan la información disponible en los estados financieros de las empresas y los que usan los precios de mercado, junto con su variabilidad, para realizar las estimaciones de probabilidad de quiebra (PQ).

Este trabajo se ordena de la siguiente manera: Después de la introducción se hace, en el capítulo II, una reseña de los aspectos jurídicos de la quiebra en Chile, esto porque cada país tiene conceptos legales distintos en relación a la quiebra; la legislación Chilena es especialmente protectora de la empresa, usando a la quiebra como última alternativa frente a las dificultades financieras. Además, se espera que este trabajo sirva como marco teórico para investigaciones empíricas sobre la predicción de bancarrota en el país. En el capítulo III, se revisan los modelos univariados de predicción de quiebra; estos estudios se basan en el análisis de *ratios financieros* por lo que se pone especial atención a la descripción de éstos. En realidad los ratios son utilizados por un gran número de modelos; más adelante, cuando sea pertinente, se hará alusión a este capítulo. En el apartado IV, se revisan los modelos multivariados (de la línea de Altman) que ocupan Análisis Discriminante Múltiple (MDA). El capítulo V describe las características de el modelo logit/probit (de Ohlson) que también ocupa información financiera, sin embargo, la modela de manera funcional distinta. En el capítulo VI se describen los modelos basados en Redes Neuronales Artificiales, esquemas tremendamente útiles cuando el problema es de clasificación y la relación funcional buscada es desconocida y no lineal. El

último modelo revisado, en el capítulo VII, es el basado en la valoración de opciones de Merton y Black & Scholes, para el cual la variable más relevante es el precio de las acciones de la empresa y su variabilidad. Al final de este apartado, también se revisan dos modelos de predicción de quiebra para sociedades cerradas. El capítulo VIII corresponde a las conclusiones de este trabajo.

## **II. ASPECTO JURÍDICO DE LA QUIEBRA EN CHILE**

### **II.1. Consideraciones Generales**

Toda persona que inicia una actividad económica lo hace confiada en su éxito, pero éste es incierto. Estadísticamente se ha comprobado que un gran porcentaje de las empresas privadas fracasarán de diversas maneras, una de las más temidas resulta ser la quiebra. En las economías de mercado la quiebra o quiebras son inevitables, ya que es la forma que permite que surjan otras empresas o que las que quedan crezcan con mayor rigor, además, que las empresas ineficientes sean desplazadas por las empresas eficientes. Sin embargo, la inevitabilidad de la quiebra no obsta a que ella sea una catástrofe.

Los efectos de la quiebra superan los efectos entre el acreedor y el deudor, existen una serie de intereses legítimos que hacen valiosa la conservación de la empresa; ya que no sólo está comprometido el interés de sus dueños o accionistas, sino que también el interés de quienes trabajan en ella o que producen para ella o que dependen de ella en su actividad comercial o industrial.

La institución de la quiebra, además de preocuparse por la suerte de los acreedores -lo que es fundamental- debe proteger al deudor; a los trabajadores de a empresa quebrada; a los accionistas o debenturistas, es decir, acreedores de emisiones de bono; a los proveedores, especialmente a aquellos que solo producen para una empresa; a los fabricantes que dependen de lo que labora la empresa quebrada y a los consumidores, en especial si es la única empresa que produce ese bien.

La situación del insolvente no sólo perjudica intereses privados, sino que también amenaza y compromete el interés público, el que exige que se sancione a quién es culpable de su quiebra o que dolosamente dilapida los bienes de su patrimonio, a sabiendas de que es la única garantía que tiene el acreedor. Este interés público exige también una rápida liquidación de los bienes, a fin de evitar que se detenga la producción y circulación de la riqueza.

Los artículos 2465 y 2469 del Código Civil consagran el *derecho de prenda general* de los acreedores sobre los bienes del deudor. Existen principalmente dos procedimientos que sirven para realizar el pago de las obligaciones que no fueron satisfechas oportunamente:

- **El Procedimiento Ejecutivo**, con un criterio individualista destinado a proteger al deudor en su crédito.
- **La Quiebra**, con un procedimiento general que busca la *ejecución colectiva* de todos los bienes del deudor, por parte de todos sus acreedores.

## II.2. Noción de Quiebra

Constituye la quiebra un estado de crisis de la actividad económica de una persona que le impide atender el cumplimiento de sus obligaciones. Representa una situación de desequilibrio entre valores realizables y las prestaciones exigibles.

El derecho chileno no formula una definición de la noción de quiebra -puesto que lo hacía en el Código de Comercio en su artículo 1325, derogado actualmente por la Ley de Quiebras<sup>1</sup> en lo que concierne al tema- sino que define en el artículo 1 de dicha Ley lo que se entiende por juicio de quiebras,

---

<sup>1</sup> Ley N° 18.175

con un resultado bastante unilateral porque sólo se refiere al aspecto procesal de ésta y, en realidad, la quiebra no es una institución mono- frontal, puesto que, no está regida sólo por una especialidad del derecho, sino que confluyen normas de derecho privado, procesal, penal, público, administrativo, etc.

En consecuencia, la definición legal de quiebra no es exacta, ya que para ella no existe solamente un procedimiento, sino que muchos. Además, tampoco es exacto que exista un solo juicio (por juicio debe entenderse una controversia de partes que es resuelta por un tribunal), lo que no ocurre exactamente en las quiebras, en las cuales puede haber muchas controversias que deben ser resueltas por tribunales, o sea muchos juicios; o puede no haber controversia, es por eso que algunos hablan de procedimiento de quiebra.

La quiebra es un proceso de ejecución., ya que persigue la satisfacción de los créditos impagos de los acreedores, esto es, la ejecución forzada de los bienes del deudor para distribuir entre ellos.

En la doctrina nacional se ha definido como *“un estado excepcional en el orden jurídico de una persona producido por la falta o imposibilidad de cumplimiento igualitario de sus obligaciones declaradas judicialmente”*.

La jurisprudencia nacional ha dicho que *“el juicio de quiebra implica una especie de asociación virtual de todos los acreedores del fallido, destinada a mantener la igualdad entre todos los interesados (salvo las causas legítimas de preferencia), y a facilitar la realización del patrimonio del deudor y la repartición proporcional del producto entre todos ellos, bajo la dirección de los funcionarios judiciales y de la justicia”*.

### **II.3. Intereses comprometidos en la Quiebra**

En los procedimientos colectivos se encuentran comprometidos no sólo el interés del deudor y el de los acreedores, sino también los intereses de los terceros y de la comunidad en general. Sin duda, el primer interés comprometido es el del deudor, por cuanto la quiebra produce efectos respecto de toda su actividad económica y en su situación jurídica.

El interés del o los acreedores resulta evidente desde que la quiebra representa un medio eficaz para compeler al deudor al cumplimiento de sus obligaciones, al mismo tiempo que constituye el único camino para obtener un pago equitativo cuando este último tiene varias deudas. Mediante el procedimiento los acreedores perciben la insolvencia del deudor en condiciones iguales.

Los terceros también tienen intereses comprometidos en la quiebra, toda vez que mediante el ejercicio de ciertas acciones llamadas *revocatorias*, pueden quedar sin efecto relaciones jurídicas -tales como compromisos y contratos- celebradas con el deudor antes de ser declarado en falencia.

Finalmente, los intereses de la comunidad toda resultan también involucrados cuando la quiebra comporta el término de la actividad económica que desarrolla la empresa, afectando así al procedimiento colectivo. La paralización en las actividades económicas de la empresa quebrada significa básicamente cesantía, desocupación, repercusiones sobre la oferta y la demanda en el mercado, etcétera.

## II.4. Características de la Quiebra

Esta institución se caracteriza en primer término, por su **universalidad**, es decir, por un lado comprende la totalidad de los bienes del deudor fallido<sup>2</sup>, con excepción de los bienes inembargables y, por el otro, que todos los acreedores son llamados a la quiebra.

La totalidad de los bienes constituye la “masa de bienes” que queda afecta al pago de los créditos en virtud de la declaratoria de quiebra. Por su parte, la totalidad de los acreedores es representativa del pasivo de la quiebra, cuyas acreencias van a ser solucionadas con la masa de los bienes del fallido.

También se caracteriza porque los acreedores concurren en **igualdad de condiciones**, con excepción de las preferencias y privilegios propios de la prelación de créditos (salvo estas situaciones excepcionales, no puede existir ninguna otra preferencia a favor de los acreedores).

Por último, la **unidad o indivisibilidad** de la quiebra significa que respecto de un deudor fallido debe impetrarse un solo procedimiento concursal, vale decir, a un mismo proceso judicial de quiebra deben concurrir todos los acreedores, esto para evitar que éstos lo hagan en forma separada motivados por situaciones similares. Siguiendo la misma lógica, además, se produce la acumulación de todos los juicios que se siguen en contra del deudor quebrado.

---

<sup>2</sup> Expresión jurídica que alude a la persona –ya se natural o jurídica- quebrada.

## II.5. Presupuestos de la Quiebra

Se señalan cuatro fundamentales elementos que deben concurrir para estar frente a la presencia de una quiebra, a saber:

- **Sujeto pasivo:** Generalmente será la persona del deudor.
- **Sujeto activo:** Aquí pueden estar varios acreedores, situación clave para la quiebra, ello por cuanto para que se pueda pedir la declaración de la quiebra deben concurrir varios acreedores, ello sin perjuicio de poder uno sólo de los acreedores del fallido, o más aún, sólo uno de los socios, pedir la quiebra de la sociedad.
- **Concurrencia de una causal legal.**
- **La Conductio iuris,** es decir, la sentencia judicial que declare la quiebra.

### II.5.1. Sujeto Pasivo

**II.5.1.1. Regla general:** puede ser declarada en quiebra cualquiera persona natural o jurídica, a la cual se agrega la condición de que la persona tenga su domicilio en Chile.

**II.5.1.2. Situaciones especiales:** Se dan varias situaciones un poco más complejas en donde se debe distinguir:

#### II.5.1.2.1. Personas naturales:

a. **Mujer casada,** su régimen dependerá del sistema económico del cual goce.



- b. Mujer separada parcialmente de bienes** y aquellas mujeres que obtienen de su propio trabajo personal, oficio o actividad bienes que van a formar parte de Patrimonio Reservado.
- c. Menor Adulto.**
- d. Incapaces absolutos.**
- e. Quiebra del deudor difunto** o quiebra póstuma o quiebra de la sucesión hereditaria.

#### **II.5.1.2.2. Personas jurídicas:**

Están constituidas por las sociedades colectivas, en comandita, de responsabilidad limitada y anónimas. Por el interés que conlleva este apartado para los fines del estudio realizado, se tratará con mayor profundidad.

##### **a. Sociedades colectivas y en comandita.**

El Art. 2061 inciso 2° del Código Civil señala que *“es sociedad colectiva aquella en que todos los socios administran por sí o por un mandatario elegido de común acuerdo”*; esto sin perjuicio de que se puedan establecer, en sus estatutos, otros sistemas de administración.

Existen en nuestra legislación dos subtipos de sociedad colectiva, la civil y la comercial, regidas cada una de ellas por sus respectivos códigos<sup>3</sup>.

El Art. 2061 inciso 3° del Código Civil señala que *“es sociedad en comandita aquella en que uno o más de los socios se obligan solamente hasta la concurrencia de sus aportes”*. Por su parte, el Código de Comercio en su Art. 470, prescribe que *“la sociedad en comandita es la que se celebra entre una o*

---

<sup>3</sup> El Art. 2059 del Código Civil dispone que son Comerciales las sociedades que se forman para realizar actos de comercio -los del Art. 3 del Código de Comercio-. las otras son civiles. Pero la diferencia principal y más notoria se manifiesta en que la sociedad colectiva civil es consensual, en cambio la comercial es solemne.

*más personas que prometen llevar a la caja social un determinado aporte, y una o más personas que se obligan a administrar exclusivamente la sociedad por sí o sus delegados y en su nombre particular. Llámense los primeros socios comanditarios y los segundos gestores”.*

El elemento más característico de este tipo social, lo constituye el hecho de que la sociedad debe contar con dos tipos o clases de socios: el o los socios gestores o colectivos, a quienes les cabe privativamente el uso de la razón social<sup>4</sup> y la administración de la compañía, los cuales responden de las deudas sociales; y el o los socios comanditarios o capitalistas, que no responden de las deudas sociales, además de no tener injerencia alguna en la administración de la sociedad.

Nuestra legislación reconoce la sociedad en comandita simple, civil y comercial. El Código de Comercio reglamenta la sociedad comanditaria por acciones<sup>5</sup>.

Respecto de la quiebra, el Art. 51 de la respectiva Ley señala que *“La quiebra de una sociedad colectiva o en comandita importa la quiebra individual de los socios solidarios que la componen; pero la quiebra de uno de estos no constituye en quiebra a la sociedad.*

*No obstante, se tramitarán separadamente ante el mismo tribunal la quiebra de la sociedad y la de los socios solidarios y concurrirán en la quiebra de los socios los acreedores personales de estos con los acreedores sociales.*

*La quiebra de la sociedad en comandita no importa la quiebra de los socios comanditarios, aún cuando estos sean solidariamente responsables por haberse mezclado en la administración, pero podrán ser declarados en quiebra cuando hayan tolerado la inserción de su nombre en la razón social”.*

---

<sup>4</sup> Nombre de la sociedad.

<sup>5</sup> Es la que se constituye por la reunión de un capital dividido en acciones o cupones de acción y suministrado por socios cuyos nombres no aparecen en la escritura social.

Esto último se produce porque se debe proteger los intereses de los terceros que hayan contratado con la sociedad, debido a que puede producirse fraude en su perjuicio.

**b. Sociedades de responsabilidad limitada**

Este tipo de sociedades no se encuentran definidas en la ley. Sin embargo, podemos entenderlas como aquellas sociedades de carácter solemne, de personas (no de capital), con personalidad jurídica, sin fiscalización interna o externa; en que existe libertad para escoger el sistema de administración y representación, no respondiendo los socios -frente a terceros- de las obligaciones sociales, por regla general, y en la que los derechos de los socios están representados por una cuota.

Se pueden englobar como características generales de este tipo societario: la no responsabilidad de los socios frente a terceros, sus derechos están representados por cuotas o acciones no susceptibles de oferta pública y, por último, se admiten restricciones a la cesión del interés social por los socios.

El artículo 4 de la Ley de Sociedades de Responsabilidad Limitada<sup>6</sup> señala que la razón social (o nombre de ésta) en que se omita señalar “Ltda.” o “Limitada” hará solidariamente responsables a los socios<sup>7</sup>. En conclusión, si se cumple con lo prescrito en dicho artículo, los socios responderán sólo hasta el monto de los aportes.

---

<sup>6</sup> Ley N° 3.918.

<sup>7</sup> **Art. 4:** La razón o firma social podrá contener el nombre de uno o más de los socios, o una referencia al objeto de la sociedad. En todo caso deberá terminar con la palabra "limitada", sin lo cual todos los socios serán solidariamente responsables de las obligaciones sociales.

### c. **Sociedades Anónimas**

El Art. 1 de la Ley de Sociedades Anónimas<sup>8</sup>, la define en los siguientes términos: “*Es una persona jurídica formada por la reunión de un fondo común, suministrado por accionistas responsables sólo por sus respectivos aportes y administrada por un directorio integrado por miembros esencialmente revocables*”.

En síntesis, podemos afirmar que es una persona jurídica cuya voluntad se expresa a través de órganos sociales, como es el directorio, cuyo capital está dividido en acciones y en donde los accionistas no son responsables personalmente –es decir, en su patrimonio personal- de las deudas de la sociedad.

En nuestro sistema existen dos tipos de sociedad anónima: las S.A. *abiertas* y las *cerradas*:

- Las S.A. *abiertas* son aquellas que hacen oferta pública de sus acciones, aquellas que tienen 500 o más accionistas y aquellas en las que a lo menos un 10% de su capital suscrito pertenece a un mínimo de 100 accionistas (excluidos los que individualmente excedan dicho porcentaje).
- Las S.A. *cerradas* son las que no tienen ninguno de los rasgos definitorios de las abiertas, sin perjuicio de que voluntariamente puedan sujetarse a las normas que rigen a estas últimas.

La principal diferencia entre las S.A. abiertas y las cerradas estriba en que sólo las primeras quedan sometidas a la fiscalización de la Superintendencia de Valores y Seguros, además deben inscribirse en el Registro Nacional de Valores, en tanto que sobre las segundas no pesa esta obligación.

---

<sup>8</sup> Ley N° 18.046

La regulación de la quiebra de las sociedades anónimas se encuentra en su propia ley, se trata de normas especiales por la importancia de este tipo social. Salvo situaciones de excepción resultantes de la inobservancia de alguno de los requisitos para la constitución de éstas, en general, la quiebra de la S.A. no acarrea la quiebra de sus accionistas, al no aplicársele lo estipulado en el Art. 51 de la Ley de Quiebras (sólo se refiere a las sociedades colectivas y en comandita).

### **II.5.2. Sujeto Activo**

Está representado por el o los acreedores, los cuales intervienen con la finalidad de hacer exigibles los créditos que tengan contra los deudores y por ello buscan la declaración de quiebra.

En algunas situaciones específicas, el sujeto activo o, dicho de otra manera, quien tiene el derecho de accionar en contra del deudor, es el tribunal de oficio.

### **II.5.3. Concurrencia de una causal legal**

Para seguir con los presupuestos de la quiebra, el elemento interno o de fondo que debe concurrir para que estemos en su presencia -denominado por algunos autores como el sustrato de la quiebra- se trata de la existencia de un deudor cuyo patrimonio es incapaz de satisfacer sus obligaciones y esta incapacidad de carácter patrimonial es la que se conoce como *insolvencia*<sup>9</sup>. Conjuntamente a este criterio jurídico existe la insolvencia desde un criterio económico cuando los bienes que componen el activo del patrimonio son

---

<sup>9</sup> Para los efectos de este estudio, esta ausencia de pago es al margen de la voluntad del deudor. Se alude, entonces, a la imposibilidad de pago en que se encuentra un determinado patrimonio.

inferiores a las obligaciones que componen el pasivo del mismo patrimonio o cuando el pasivo es superior al activo.

Es evidente que este desequilibrio patrimonial será el que -en definitiva- va a determinar la solvencia o insolvencia del deudor; pero resulta que desde el punto de vista jurídico, no se puede establecer a priori si el patrimonio del deudor es suficiente o no para pagar las deudas, sino que solamente se puede saber al término de un proceso judicial que declare la quiebra.

Para evitar que el criterio seguido por el peticionario no sea real —ello porque los bienes pueden estar mal evaluados ante un tribunal no experto en materias económico comerciales- se establece la concurrencia de ciertos hechos que estima reveladores de un estado de insolvencia. El más común de estos es el que se conoce como “cesación de pagos”: quien cesa en el pago de una o más obligaciones está demostrando o dejando a la vista de terceros que no se encuentra en condiciones de dar cumplimiento a sus obligaciones.

Además, existen otras situaciones especiales que establece el legislador como causales específicas de la declaración de quiebra como por ejemplo: el incumplimiento por parte del deudor de un acuerdo o convenio celebrado con sus acreedores con el fin de evitar la declaración de quiebra, este se conoce normalmente como “convenio preventivo”.

La quiebra fue establecida como un instrumento propio del deudor comerciante, por lo tanto el efecto en cadena que produce para la economía es muy grave. Si cae en quiebra un deudor civil, a lo mejor sus efectos no tendrán importancia; tratándose de un deudor comerciante que tiene cientos de proveedores y miles de clientes, el efecto puede ser muy grave dentro de la economía, porque el encadenamiento de los negocios produce una gama muy amplia de situaciones.

Cuando el *deudor solicita su propia quiebra* no se debe acreditar ni comprobar nada por parte de los acreedores, pues él conoce mejor que nadie el estado de sus negocios, de manera que aquí se confunde el sujeto pasivo con el activo<sup>10</sup>.

También pueden pedir la quiebra los acreedores, los herederos del causante (quiebra póstuma) y también la quiebra puede ser declarada en forma excepcional por el tribunal.

La situación más común, que resulta ser la que nos preocupa, es la *declaración de quiebra a instancia de los acreedores*. El Art. 43 de la Ley de quiebras contiene las causales:

- Primera causal: *"Cuando el deudor que ejerza una actividad comercial, industrial, minera o agrícola, cese en el pago de una obligación mercantil con el solicitante, cuyo título sea ejecutivo", se trata de la menos estricta de las causales.*
- Segunda causal: *"Cuando el deudor contra el cual existieren 3 o más títulos ejecutivos y vencidos, provenientes de obligaciones diversas, y estuvieren iniciadas, a lo menos, dos ejecuciones, no hubiere presentado en todas estas, dentro de los 4 días siguientes al requerimiento, bienes bastantes para responder a la prestación que adeude y las costas".*
- Tercera causal: *"Cuando el deudor se fugue del territorio de la república o se oculte dejando cerradas sus oficinas o establecimientos, sin haber nombrado persona que administre sus bienes con facultades para dar cumplimiento a sus obligaciones y contestar demandas".* Esta es otra manifestación del estado de

---

<sup>10</sup> Las causales de fondo que establece la ley deben concurrir cuando la quiebra es declarada a instancia de una persona distinta del deudor o sus herederos.

insolvencia, no ha habido todavía cesación de pago o incumplimiento de obligaciones, pero constituye una demostración de que no puede afrontar sus obligaciones.

- Cuarta causal: *"Cuando el deudor haya celebrado un convenio extrajudicial con sus acreedores y éste sea declarado nulo o resuelto, sin perjuicio del derecho de los acreedores por obligaciones no comprendidas en el convenio"*.

La *declaración de quiebra realizada de oficio por el tribunal* –es decir, por su cuenta- ocurre cuando se producen ciertas situaciones destinadas a evitar la quiebra y éstas no prosperaron. Lo que, generalmente, dice relación con los convenios.

Los *convenios* son un acuerdo entre el deudor o fallido y sus acreedores. Tienen por objeto evitar la declaración de quiebra o bien ponerle término. En el primer caso, tiene por fin evitar la quiebra por lo que se le denomina “Convenio Preventivo”. Si se quiere poner término al estado de quiebra, estamos frente a un “Convenio Solución”.

Por otro lado, en estos convenios puede o no intervenir el órgano jurisdiccional, desde este punto de vista hay convenios “Extrajudiciales”, en los cuales no interviene el tribunal y los “Judiciales”, que son los que se tramitan ante el tribunal correspondiente.

Relacionando esta doble clasificación se saca la siguiente conclusión: Los convenios solución han de ser necesariamente judiciales, tramitándose ante el tribunal que está conociendo de la quiebra. No cabe la posibilidad, una vez en estado de quiebra, de un convenio extrajudicial al margen de la quiebra. En cambio, si se pretende evitar la declaración de quiebra no hay inconveniente de



que se haga con o sin la intervención del órgano jurisdiccional, luego pueden ser judiciales o extrajudiciales.

Además, los convenios pueden versar sobre variadas materias que acuerden deudor y acreedores como: ampliaciones de plazos, condonación de deudas o remisión de ellas.

Celebrado el convenio transcurre el tiempo y éste puede ser declarado nulo o resuelto. Nulo por las causales que la ley establece; o resuelto, cuando no se le de cumplimiento al contrato por parte del deudor. En vista de esto, la declaración de quiebra es pedida por el propio tribunal (actúa de oficio).

#### **II.5.4. Condictio iuris (sentencia)**

Dicho en otras palabras, es la sentencia que declara la quiebra y que tiene el carácter de definitiva según el Art. 52 de la Ley de Quiebras.

Esta sentencia en el juicio de quiebras produce efectos para todos, trascendiendo al o a los solicitantes de la quiebra y del deudor, extendiéndose a todos los acreedores y también a terceros. Esta sentencia comienza a producir sus efectos desde que se dicta.

Es importante conocer el contenido de la sentencia que declara la quiebra, pues permite adentrarnos en el conocimiento de la institución. Este es:

- *La determinación de sí el deudor está comprendido o no en el Art. 41 de la Ley de Quiebras.*

A este respecto el legislador se permite dar una especie de consejo, pues se estará a la actividad que el deudor ejercía al momento de

contraer la obligación, lo que ponderará el tribunal teniendo en cuenta si era deudor calificado al contraer la obligación.

La determinación de si es un deudor calificado o civil es trascendente para todas aquellas materias en que el legislador da un tratamiento diferente al deudor calificado del que no lo es.

- *La designación de un síndico provisional titular y de uno suplente y la orden de que el síndico se incaute de todos los bienes del fallido, de sus libros y documentos, bajo inventario, y de que se le preste, para este objeto, el auxilio de la fuerza pública por el jefe más inmediato, con la exhibición de la copia autorizada de la declaratoria de quiebra.*  
Se trata de liquidar los bienes del fallido, es por eso que la sentencia que declara la quiebra contiene la orden de que el síndico incaute todos los bienes y documento del fallido bajo inventario. El síndico con la incautación toma posesión material de los bienes y papeles del fallido después de haber practicado un inventario y puede con la simple exhibición de la copia autorizada de la declaración de quiebra solicitar directamente que carabineros le preste auxilio de la fuerza pública para practicar la diligencia, no es necesario constar que ha existido oposición del deudor.
- *La orden de que las oficinas de correos y telégrafos entreguen al síndico la correspondencia y despachos telegráficos del fallido.*
- *La orden de acumular al juicio de quiebra todos los juicios contra el fallido que estuvieren pendientes que puedan afectar sus bienes, salvo las excepciones legales.*
- *La advertencia al público de que no debe pagar ni enterar mercaderías al fallido, so pena de nulidad de los pagos o entregas; y la orden a las personas que tengan bienes o papeles pertenecientes al fallido, para que los pongan a disposición del síndico, bajo pena de ser tenidos por encubridores o cómplices de la quiebra.*

Respecto de los terceros que tengan bienes del fallido, deben entregarlos al síndico. Esto se relaciona con el desasimio –que constituye el principal efecto de esta institución- pues con la declaración de quiebra el fallido pierde la administración de sus bienes la cual pasa al síndico, por lo tanto, las deudas que se tengan con él se deben pagar al síndico.

- *La orden de hacer saber a todos los acreedores residentes en el territorio de la república que tienen el plazo de 30 días, contados desde la fecha de la publicación de la sentencia, para que se presenten con los documentos justificativos de sus créditos bajo el apercibimiento de que les afectarán los resultados del juicio sin nueva citación. Además de la orden de notificar por carta aérea certificada, la quiebra a los acreedores que se encuentren fuera de la república.*
- *La orden de inscribir la declaración de quiebra en el Registro de Interdicciones y Prohibiciones de Enajenar del Conservador de Bienes.*

Con esto se persigue que el fallido no pueda disponer de sus bienes raíces.

- *La indicación precisa del lugar, día y hora en que se celebrara la primera junta de acreedores.*

El nombramiento de síndicos es provisional, hasta la primera junta de acreedores o junta constitutiva.

## **II.6. Efectos de la Quiebra**

La ley de quiebras en su título VI los clasifica en inmediatos y retroactivos. Estos últimos según si se trata de un deudor que ejerce una actividad comercial, industrial, minera o agrícola o si no.

Esta clasificación no es enteramente exacta, puesto que los efectos retroactivos para la ley son ciertas acciones que se otorgan para dejar sin efecto ciertos actos o contratos perjudiciales para los acreedores ejecutados por el fallido. Los efectos de la declaración de quiebra alcanzan a la persona y bienes del fallido, pero no produce una inhabilidad de carácter general, no lo priva del ejercicio de sus derechos civiles, sólo inhabilidades especiales estipuladas en el Art. 73 de la Ley de Quiebras.

Cuando se trate de un deudor del artículo 41 de la misma ley y su quiebra sea calificada, como culpable o fraudulenta, puede llegar –incluso- a sufrir penas corporales (privativas o restrictivas de libertad).

El principal efecto de la declaratoria de quiebra respecto de los bienes es el *desasimiento*, establecido en el Art. 64 de la Ley de Quiebras, con lo cual el fallido queda inhibido de pleno derecho de la administración de sus bienes, salvo los inembargables. No transfiere la propiedad, solo la facultad de disposición, por lo tanto, pierde la aptitud legal para administrar y disponer de sus bienes, pierde los atributos de uso, goce y disposición.

Cuando se trate de bienes no comprendidos en la masa, no existen impedimentos para administrar y disponer de ellos. Puede celebrar, respecto de éstos, todo tipo de actos porque conserva la capacidad jurídica. Puede adquirir bienes a título gratuito u oneroso, pero las obligaciones que nazcan de estos actos o contratos no se pueden hacer efectivas sobre los bienes afectos a la quiebra.

Respecto de los acreedores, la sentencia que declara la quiebra fija irrevocablemente sus derechos en el estado que tenían al día de su pronunciamiento, sin perjuicio de las excepciones legales. También, se suspende el derecho de los acreedores para ejecutar individualmente al fallido,

además se hacen vencidos y exigibles respecto de los acreedores todos sus créditos.

Finalmente, los acreedores, como consecuencia de los efectos retroactivos, ven robustecidas sus acciones para dejar sin efecto ciertos actos del fallido, así terceros se podrían ver obligados a restituir ciertos bienes.

## **II.7. Prelación de Créditos:**

### **En Anexo 1**

(Sin ser completamente atinente al tema de este seminario, el tema de la prelación de crédito es relevante para el análisis de los costos asociados a la quiebra, por lo que se le incluye en el Anexo # 1)

### III. MODELOS UNIVARIADOS DE PREDICCIÓN DE QUIEBRA:

#### III.1 Introducción a los modelos univariados

La predicción de las crisis financieras de las corporaciones y otras instituciones es un tema de mucho interés e investigación. En este segmento se revisará el rol que juegan los estados financieros y otras informaciones en la predicción de la crisis financiera.

##### III.1.1. El problema de acotar la crisis financiera.

La crisis financiera, para este trabajo, describe un problema grave de liquidez que no puede ser solucionado sin un reordenamiento profundo de las operaciones y/o estructuras, siendo una de las posibilidades la quiebra. Concretizar dicha noción presenta serias dificultades teórica:. La crisis financiera se puede ver como una situación económica para la cual existen muchos puntos en un continuo, los estudios empíricos en esta área ha buscado criterios objetivos para categorizar empresas. La declaración de quiebra es el criterio más usado; éste es un hecho judicial que puede ser muy influenciado por los bancos y otros acreedores, pero esta influencia, inclusive si es que supusiéramos una noción binaria, no tiene porque existir una correspondencia uno a uno entre las empresas en crisis o sanas y quebradas o no quebradas:

	<u>No en Crisis</u>	<u>En Crisis</u>
No Quebradas	I	II
Quebradas	III	IV

Consideremos las empresas que caen en la categoría II, es decir, en crisis pero no quebradas. Estas firmas pueden resolver sus problemas de liquidez mediante una dramática reestructuración de sus operaciones; por ejemplo, una venta del 70% de sus activos o mediante la fusión con otra empresa que tenga exceso de liquidez. Por otro lado, al mirar las empresas que caen en la categoría III, no en crisis financiera pero quebradas, una empresa podría entrar voluntariamente en quiebra por razones ajenas a su salud financiera; por ejemplo, para obligar a los sindicatos a aceptar salarios mas bajos o para reducir la magnitud de alguna demanda judicial en su contra. La ambigüedad causada por las firmas que caen en las categorías II y III causa una limitación inherente cuando se generalizan los estudios que serán analizados más adelante, sobre todo por el hecho de que en muchas ocasiones se intenta evitar la quiebra, manteniéndose a la empresa en la categoría II por una cantidad de tiempo que no es predecible; es decir, pese a que los indicadores definan una probabilidad de quiebra muy alta ésta podría mantener una situación financiera difícil por un largo tiempo, mediante negociaciones con los acreedores y, como consecuencia, salir de la crisis sin pasar por una quiebra legal. Es en este sentido, que se hacen más inciertos los modelos de predicción de quiebra porque la declaración de quiebra es una decisión situacional y, finalmente, depende del criterio de los agentes.

El problema de la definición de crisis financiera se puede ver en el siguiente ejemplo: Supongamos que una universidad privada esta teniendo graves dificultades para cubrir sus gastos con los ingresos que tiene. Varias alternativas están disponibles para los accionistas, una de ellas es cerrar formalmente la universidad y vender los activos que posee, otra, es fusionarse con otra institución. Una tercera alternativa es reducir drásticamente el financiamiento de investigación, comprar menos libros para la biblioteca y aumentar la carga académica de los profesores. De la última opción resultaría un cambio importante en la misión, rol y alcance de la universidad. En un

estudio empírico, sería razonablemente simple usar la primera alternativa: la quiebra, como una señal de crisis financiera. Por otro lado, sería considerablemente más complicado establecer criterios para clasificar instituciones que escogen la última alternativa, un cambio en la misión y alcance, para determinar la salud financiera.

### **III.1.2 Indicadores de crisis financiera:**

Históricamente, se han usado varios indicadores de la probabilidad de crisis financiera, una fuente de información es el análisis del *flujo de caja* para el periodo presente y el esperado. Uno de los beneficios de usar esta fuente de información es que el investigador se enfoca directamente en la noción de estrés financiero del periodo de interés, con lo que las estimaciones del flujo de caja esperado -que se incluyen en este tipo de análisis- dependen de los supuestos asumidos para la preparación del presupuesto.

Una segunda fuente de información sobre el estrés financiero es un análisis de *estrategia corporativa*. Este análisis considera, entre otros factores, la competencia potencial y real de la firma, su estructura de costos relativa, expansiones y crecimiento en la industria, la habilidad de las empresas para pasar a otros agentes aumentos de costo (*poder de mercado*), la calidad de la administración, etcétera; idealmente, estas consideraciones también ponen énfasis en análisis del flujo de caja y el presupuesto, sin embargo, un enfoque específico en temas estratégicos puede denotar las consecuencias de cambios que ocurren en la industria, por ejemplo, examinar el punto de equilibrio (*break-even*) y la estructura de costos de alguna empresa puede entregar una noción de los posibles candidatos a sufrir una crisis financiera, suponiendo una disminución drástica de la demanda de su producto o un aumento del costo de sus insumos.



Una tercera fuente de información sobre la salud financiera es un análisis de los *Estados Financieros* de la empresa en comparación con una muestra de empresas representativa. Este análisis se puede enfocar en una variable financiera (análisis univariado) o en una combinación de variables financieras (análisis multivariado). Mas adelante se hará una descripción detallada de estos y otros métodos.

Una cuarta fuente de información, viene de variables externas cómo el retorno de las acciones y la categoría de los bonos entregadas por clasificadoras profesionales de riesgo (cómo Moody's y Standard & Poor's). Estas variables pueden potencialmente entregar información sobre el flujo de caja futuro, estrategia corporativa e información de los Estados Financieros de la empresa, más aún, ellos podrían incorporar las interacciones complejas que existen entre los factores individuales.

## **III.2. Cocientes o Ratios financieros:**

### **III.2.1. Conceptos Generales**

La información contable puede ser procesada, con el objeto de obtener datos que se ocupan como variable en la mayor parte de los modelos de predicción de quiebra y la estimación de la probabilidad de quiebra, además se pueden usar para la determinación del riesgo crediticio de una empresa en alguna operación bancaria. Las herramientas más usadas son los cocientes financieros del balance y del estado de resultado. La detección de las dificultades operativas y financieras de las empresas ha sido un tema que ha concordado naturalmente con el análisis de los ratios financieros.

La bibliografía revisada subraya definitivamente el potencial de los ratios financieros como predictores de la quiebra; en general, ratios que miden la liquidez, el endeudamiento y la rentabilidad, prevalecen como los indicadores más significativos, aún cuando, su orden de importancia no está claro, ya que casi todos los estudios revisados acentúan un ratio distinto como el más efectivo indicador de problemas financieros futuros.

Los ratios financieros se obtienen de la razón entre dos saldos obtenidos de las diferentes partidas del balance y/o del estado de resultado. La definición dada es bastante amplia, con lo cual la información que arrojarían dichos cocientes podría ser altamente cuestionable y poco generalizada en su uso, por tal motivo, de manera espontánea, algunos círculos financieros han seleccionado un grupo de cocientes que se caracterizan, en primer lugar por su facilidad de cálculo, ya que la construcción de ellos se realiza a partir de información pública y sólo requiere emplear matemáticas básicas.

Una segunda característica de los ratios financieros, consiste en que entregan resultados muy ilustrativos, debido a que tales cocientes son de uso

general y, por lo tanto su interpretación es casi implícita, por lo que es lógico suponer que se pueden construir modelos de predicción de dificultades financieras que ocupen esta información 'intuitiva'.

Se debe tener en cuenta que los índices financieros de una firma o un sector productivo de la economía en particular pueden demandar análisis de un cociente específico, explicitando su resultado y su interpretación. Los cocientes no necesariamente son comparables entre empresas de distintos rubros.

Como los ratios se basan en información contable, se debe tener presente que pueden entregar un resultado distorsionado de la realidad, ya sea por la manipulación de datos casual o intencional o por problemas metodológicos de la contabilidad. Por otra parte, la información que arrojan estos índices puede ser mal interpretada, ya que la interpretación financiera de un índice se debe analizar en el contexto del giro de la empresa y de la industria en que opera.

El amplio uso de los cocientes financieros ha llevado a que se los agrupe en diferentes categorías, en función de la información que proporcionan. En términos prácticos, se distinguen los de liquidez, de endeudamiento, de rentabilidad y de actividad o eficiencia. A continuación se analizan los más destacados en cada categoría.

### **III.2.2. Cocientes de liquidez**

Estos índices tienen por objeto entregar información referente al grado de respuesta que presenta la empresa frente a sus compromisos financieros de corto plazo. La mayoría de estos índices son construidos a partir tanto del activo, como del pasivo circulante. Entre los más comunes se pueden mencionar los que siguen:

**Capital de trabajo.** Este índice se obtiene de la diferencia entre el activo circulante y el pasivo de igual carácter. Por lo general se espera que este resultado sea positivo, lo cual no es aplicable a todo tipo de industria.

**Capital de Trabajo/ Activos Totales.** Este ratio ha sido empleado en diversos estudios acerca de problemas corporativos como medida de los activos líquidos netos en relación al total de la capitalización. El capital de trabajo es la diferencia entre los activos corrientes y los pasivos corrientes y, ponderado con el total de activos, da una medida de liquidez.

De los ratios de liquidez evaluados por Altman, para su modelo de análisis discriminante, éste resultó ser el más efectivo para la predicción de quiebra de las empresas, por lo cual, fue incluido en su modelo Z-Score. Este último será analizado en la sección de modelos multivariados de predicción de quiebra.

**Razón corriente.** Se obtiene de la división entre el activo y el pasivo, ambos circulantes. Es importante notar que gran parte de las partidas contenidas en el pasivo de corto plazo se encuentran muy próximas a su valor económico, cosa que es cuestionable en el caso del activo circulante; por lo tanto, la interpretación de éste debe ser cuidadosa, puesto que en la medida de que este índice sea mayor que 1 se dice que la empresa está en condiciones de cumplir con sus obligaciones de corto plazo.

**Prueba ácida.** Se obtiene en forma similar al índice anterior, pero se descuenta del activo de corto plazo la partida de inventarios, debido a que la valorización de ésta es cuestionable. Por lo general, se espera que este cociente sea cercano a 1.

**Días promedio de cobro.** Este índice entrega información referente al promedio anual de días que demanda la cancelación de las cuentas por cobrar. Para obtener este índice se debe aplicar la fórmula siguiente:

**360 \* (Cuentas por cobrar)**

**Ventas (I+vt)**

En ésta se multiplican las ventas por 1 más el impuesto a las ventas, ya que el crédito cedido por la empresa es el valor de venta de los productos más el impuesto a la compra recaudado por la empresa y pagado al fisco.

En estricto rigor, para la obtención del día promedio de créditos que la empresa otorga a sus clientes, debieran considerarse solamente las ventas a plazo y no el total de ventas.

El resultado logrado por este índice puede ser contrastado con la política de créditos que la empresa dice aplicar en sus ventas a plazo. Este índice pierde su capacidad de entregar información en empresas con una marcada estacionalidad.

**Días promedio de los inventarios.** Este cociente entrega el dato relativo al promedio anual de días en que las existencias estuvieron en bodega, permitiendo inferir el grado de liquidez de los inventarios. Este índice se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

**(Inventarios) \* 360**

**Costo de venta**

entendiendo al divisor como la suma del costo de operación más los gastos de administración y venta.

La información entregada por este indicador puede ser contrastada con la política de inventarios, dato que podría ser determinante al momento de evaluar el riesgo crediticio, especialmente, en créditos de corto plazo.

**Patrimonio neto tangible.** Entrega información depurada en torno al patrimonio contable que efectivamente posee la empresa. Para obtener este valor, al patrimonio total se le restan los activos intangibles y la cuenta corriente de socios. El objeto de este indicador es entregar el valor de liquidación de la empresa en términos contables.

### **III.2.3. Cocientes de endeudamiento:**

Estos índices, entregan información relacionada con la solvencia de la empresa, con énfasis en el largo plazo y analizando, a su vez, la capacidad de la empresa para lograr un mayor financiamiento externo.

A continuación se exponen los cocientes de endeudamiento más usados en la cuantificación del riesgo crediticio en instituciones financieras:

**Total de pasivos sobre el patrimonio neto tangible.** Es un índice muy utilizado al momento de determinar el riesgo crediticio de una empresa, ya que nos muestra las veces en que el valor de liquidación contable de la empresas es capaz de cubrir el total de pasivos. Por lo general, mientras tanto menor que 1 sea este resultado, mejor será la capacidad de endeudamiento.

En un estudio empírico realizado sobre empresas norteamericanas, por los autores R. Kale, W. Noe y M. Ramírez (1990)<sup>11</sup>, se constató que existe una relación parabólica positiva entre riesgo y nivel de endeudamiento de las empresas. De acuerdo con estos autores, las empresas no riesgosas presentan una alta relación de deuda; por su parte, las empresas medianamente riesgosas presentan un nivel de deuda bajo. Sin embargo, contrariamente a lo esperado, las empresas altamente riesgosas presentan un alto nivel de endeudamiento.

**Deuda bancaria sobre el patrimonio neto tangible.** Indicador particularmente importante para las instituciones financieras, pues supone que la deuda bancaria cuenta con garantías y otras provisiones. En la medida en que esta razón sea ampliamente menor que 1, mejor será la opinión que entregue este índice en torno a la capacidad de endeudamiento de la empresa. Sin embargo, las consideraciones anotadas en el cociente anterior son igualmente válidas en este caso.

**Resultado operacional sobre gastos financieros.** Este índice trata de entregar información respecto de la capacidad de pago que poseen las empresas frente a los intereses bancarios, en términos de qué tantas veces los gastos financieros son cubiertos por el resultado operacional. Sin embargo, este índice omite el pago de amortizaciones de créditos en que las firmas van a la bancarrota, no por no poder pagar los intereses, sino que por no pagar las amortizaciones, debido a que lo primero está asociado a problemas de liquidez y lo segundo a problemas de solvencia. En círculos financieros, este índice es llamado de "capacidad de pago", nombre que se aleja de la real información que proporciona.

---

<sup>11</sup> Referencia: F.Parisi, Apuntes de finanzas CD1, Capítulo5  
<http://www.parisiyparisi.cl/Cs/Cds/CD1/capitulos/capitulo5-2.htm>

**Costo promedio de endeudamiento.** El objeto de este cociente, es determinar la tasa de interés que ha cancelado la empresa durante el período en estudio. Esta tasa se obtiene a partir de la división entre los gastos financieros y el pasivo bancario. Este índice puede ser fácilmente manipulado mediante el uso de líneas de créditos en los últimos meses del ejercicio tributario, con lo que incrementa el numerador y se disminuye el valor arrojado por el cociente, lo cual puede llevar a que el ejecutivo interprete que la empresa logra convenientes tasas en el mercado financiero debido a su bajo nivel de riesgo, situación que, en la realidad, no es así.

**Valor de mercado del patrimonio / Valor libro de los Pasivos Totales.** Este ratio muestra hasta dónde puede disminuir el valor del patrimonio, antes de que sea superado por el total de deudas y que, de esta manera, la firma se torne insolvente. Con este ratio, se incorpora una parte de la información de mercado (el precio de las acciones), pero claramente no queda reflejada la parte mas relevante de la información de mercado, a saber, la varianza de los precios de las acciones.

El último modelo analizado en este seminario saca partido de la información -respecto de la salud financiera de las empresa- que se puede inferir de la variación de los precios de las acciones. El cual se basa en el método de valoración de opciones de Black y Scholes (BSM-Prob).

#### **III.2.4. Cocientes de rentabilidad**

Estas razones financieras buscan proporcionar datos en tomo a la rentabilidad que han logrado los accionistas, como una forma de visualizar la viabilidad del negocio a corto, mediano y largo plazo. Los índices que se incluyen en esta partida son complementados con los ingresos de explotación,



la utilidad del ejercicio, la variación real en las ventas y por la generación operativa de caja del estado de fuentes y usos de fondos. A continuación se comentan los índices de rentabilidad más usados en la cuantificación del riesgo crediticio en operaciones bancarias.

**Utilidad del ejercicio sobre las ventas.** Este cociente tiene por objeto identificar el porcentaje de las ventas que se traducen en utilidad. Al analizar este índice en términos de su evolución, el ejecutivo podrá identificar el comportamiento histórico de la eficiencia de la gestión global de la empresa.

**Resultado operacional sobre las ventas.** Cociente que entrega información respecto de la eficiencia operacional de la empresa. La evolución histórica de este índice, nos permite contar con una aproximación del comportamiento de los precios relativos que ha enfrentado la empresa.

**Ventas / Activos Totales.** Este ratio mide la capacidad de lidiar con un medio competitivo, a través de la capacidad que tienen los activos de producir ingresos. En el contexto de los modelos de predicción de dificultades financieras, este factor es bastante importante debido a su relación con las demás variables en los modelos. En orden de importancia para los modelos de MDA de Altman, se encuentra en la segunda posición entre los ratios que proporcionan mayor poder discriminante a la función.

**Utilidad del ejercicio sobre el patrimonio.** En círculos financieros, este índice se interpreta como la rentabilidad que reciben los accionistas. En la medida en que éste sea mayor que una inversión en una industria con riesgo económico similar, mayor será la probabilidad de que el grado de compromiso de los accionistas de la firma se mantenga en el futuro, cuestión que afecta positivamente al riesgo crediticio de la empresa.

**Retorno sobre los activos o EBIT/ Activos Totales.** Este ratio mide la productividad de los activos, esto es la capacidad de generar ingresos por cada peso de activo, independientemente de los intereses e impuestos y tasa de endeudamiento. Según Altman, la existencia de la firma -en última instancia- está basada en el poder de generación de ingresos de los activos; por esto mismo, este ratio parece ser adecuado para el estudio de quiebras corporativas. En el contexto de la predicción de quiebra, su desempeño ha superado a otras medidas de capacidad de generación de efectivo, incluso indicadores como el flujo de efectivo.

Este resultado se obtiene al dividir la utilidad neta por el total de activos. Sin embargo, algunos autores sostienen, que este cociente presenta una fuerte carencia metodológica, a saber: que los activos son financiados con los aportes de terceros y de accionistas, considerándose en este índice sólo la utilidad. Para mejorarlo, a la utilidad se le debe sumar el pago de intereses, con lo cual efectivamente se contará con el retorno contable sobre los activos.

**Utilidades Retenidas / Activos Totales.** Este ratio analiza el exceso de utilidades que ha tenido la empresa en su trayectoria. En este sentido, este ratio eventualmente desfavorece a las empresas jóvenes, porque al estar recién empezando, lo lógico es que sea bastante bajo. Por lo tanto, es fácilmente deducible que las empresas que se encuentran en sus inicios corran mayor riesgo de quiebra, con lo cual esta supuesta desventaja solamente reflejaría la realidad del medio y no necesariamente implicaría un sesgo en el modelo. Este ratio es otro de los escogidos por Altman para su Z-Score.

**Activos fijos sobre ventas.** Este índice trata de medir la eficiencia en el uso de activos fijos o en el de la capacidad instalada. Al contar con la evolución de este indicador, el analista debe tener presente las posibles economías de escala que

puede presentar la empresa, antes de dar alguna sentencia en torno al uso de la capacidad instalada de ella, al igual que la variación en los precios relativos.

La única forma de lograr una buena información a partir del análisis de cocientes, consiste en contar con más de un ejercicio tributario, con lo cual se puede efectuar un estudio de la evolución de las principales partidas que son determinantes para inferir las futuras tendencias de estas variables que condicionan la salud financiera de la empresa.

### **III.3 Modelos Univariados de predicción de quiebra, una aplicación:**

La predicción del estrés financiero mediante, el análisis univariado, involucra el uso de una sola variable en el modelo predictivo. Hay dos supuestos claves en este acercamiento:

1. La distribución de las variables para firmas en crisis es sistemáticamente distinta de la distribución de las variables de las firmas sanas.
2. Dicha diferencia sistemática en las distribuciones puede ser explotada con propósitos predictivos.

#### **III.3.1: Estudio de un caso: La Quiebra de Ferroviarias en Estados Unidos**

En 1970, varias grandes compañías ferroviarias pidieron la Quiebra después del cambio legislativo en Estados Unidos (National Bankruptcy Act), que permitió una flexibilización las Quiebras legales. Ejemplos de estas empresas son: la Boston & Maine Corporation y el complejo ferroviario Penn-Central. ¿Que tan buenos fueron los estados financieros de años anteriores al la quiebra

como predictores de la crisis? Para examinar esta pregunta, se escogió una muestra de diez ferroviarias para generar un modelo de predicción univariada. Un análisis detallado de la predicción de quiebra de las ferroviarias de USA se encuentra en Altman 1973<sup>12</sup>. Los siguientes dos ratios fueron calculados para cada compañía de los estados financieros de 1960:

1. *Gastos de transporte a ingreso operacional* (GT/IO). El gasto de transporte es el principal costo operacional de los trenes e incluye el salario del personal y los costos de combustible. El ingreso operacional está constituido, esencialmente, por ingresos por carga, pero también incluye los ingresos por pasajeros y otros ingresos misceláneos. Este ratio es mas bien específico de las empresa ferroviarias.
2. *Veces que los ingresos cubren los intereses* (times interest earned)(TIE). Los cobros de intereses corresponden a los de obligaciones con interés fijo. Los ingresos usados son antes de descontar los intereses e impuestos. Un valor negativo en este ratio implica que la compañía tuvo ingresos negativos (perdidas) antes del pago de intereses e impuestos. Este ratio se asemeja al **Resultado operacional sobre gastos financieros** explicado en la sección anterior.

Por simplicidad, se asume que estos dos ratios se distribuyen normalmente. En la tabla 1 están detallados las diez ferroviarias y el valor de los dos ratios para 1969. Esta muestra se uso para construir algunas predicciones en modelos univariados y nos referiremos a ella como la muestra de estimación.

---

<sup>12</sup> Altman, E. I. "Predicting Railroad Bankruptcies in America." Bell Journal of Economics and Management Science (Spring 1973); pp 184-211

Tabla 1 Ferrovias	GT/IO	TIE
<i>No Quebradas en 1970</i>		
1. Ann Arbor Railroad	.524	-1.37
2. Central of Georgia Railway	.348	2.16
3. Cincinnati, New Orleans, and Texas Pacific Railway	.274	2.91
4. Florida East Coast Railway	.237	2.82
5. Illinois Central Railroad	.388	3.10
6. Norfolk and Western Railway	.359	2.81
7. South Pacific Transportation Co.	.400	3.56
8. Southern Railway Company	.314	3.93
<i>Quebras Declarada en 1970</i>		
9. Boston and Maine Corporation	.461	-.68
10. Penn-Central Transportation Co.	.485	.16

Fuente<sup>13</sup>

### III.3.2. Diferencia en la Distribución de los Ratios entre las Quebradas y las No Quebradas:

El primer supuesto, en el modelo univariado, es la diferencia en distribución de los ratios entre las compañías quebradas y las no quebradas. El supuesto de normalidad de cada ratio, implica que la media o la varianza de la distribución difiere entre los dos grupos de ferroviarias. En esta sección nos enfocaremos en la diferencia de medias; para el ratio GT/IO la media de los dos grupos es: *No quebradas* = .356 ; *Quebradas* = .473, eso significa que el grupo de las quebradas ocupa un mayor porcentaje de cada dólar de sus ingresos en gastos operacionales. Las medias para el ratio TIE son: *No Quebradas* = 2.49 y las *Quebradas* = -.26; de esta manera, queda claro que las empresas sanas tienen mayor capacidad -en promedio- tanto para generar suficientes retornos, como para cubrir los intereses de sus obligaciones fijas. En resumen, estas diferencias sugieren que, por lo menos un año antes de la quiebra, los ratios financieros de las quebradas y no quebradas parecen ser marcadamente distintos. Una prueba de significancia estadística (t de Student), usado para determinar la diferencia entre los dos grupos, sustentó esta conclusión para los dos ratios.

<sup>13</sup> Foster, George. "Financial Statement Analysis" Capítulo 15. Prentice-Hall Inc, segunda ed 1986.

### III.3.3. Prueba de Poder Predictivo:

Un tema importante es determinar si es que se pueden usar las diferencias en las medias de los ratios de manera predictiva. La forma de la predicción univariada está dada por una prueba de clasificación dicotómica; este esquema involucra un ordenamiento de las empresas por valor del ratio y luego la inspección de los datos para determinar el punto divisorio óptimo para dividir a las empresas en quebradas y sanas. En la tabla 2 están ordenadas las empresas del ejemplo. Por simplicidad se puede determinar que el punto divisorio es el punto medio entre dos ratios adyacentes. Como por ejemplo, para el ratio GT/IO el primer punto divisorio considerado es .5045 (promedio entre .524 y .485). El error de predicción tipo I ocurre cuando una quebrada (Q) es supuesta no quebrada (NQ). Un error tipo II ocurre cuando una empresa no quebrada (NQ) es supuesta quebrada (Q).

Tabla 2	Ferrovias	GT/IO	Estado en 1970
<i>1. Ranquing del ratio GT/IO</i>			
	Ann Arbor Railroad	.524	NQ
	Penn-Central Transportation Co.	.485	Q
	Boston and Maine Corporation	.461	Q
	South Pacific Transportation Co.	.400	NQ
	Illinois Central Railroad	.388	NQ
	Norfolk and Western Railway	.359	NQ
	Central of Georgia Railway	.348	NQ
	Southern Railway Company	.314	NQ
	Cincinnati, New Orleans, and Texas Pacific Railway	.274	NQ
	Florida East Coast Railway	.237	NQ
<i>2. Ranquing del ratio TIE</i>			
	Southern Railway Company	3.93	NQ
	South Pacific Transportation Co.	3.56	NQ
	Illinois Central Railroad	3.10	NQ
	Cincinnati, New Orleans, and Texas Pacific Railway	2.91	NQ
	Florida East Coast Railway	2.82	NQ
	Norfolk and Western Railway	2.81	NQ
	Central of Georgia Railway	2.16	NQ
	Penn-Central Transportation Co.	.16	Q
	Boston and Maine Corporation	-.68	Q
	Ann Arbor Railroad	-1.37	NQ

Fuente: Foster "Financial Statement Analysis"

Los errores Tipo I, Tipo II y la suma de ellos; es decir el total de clasificaciones erróneas de usar distintos puntos de corte son los siguientes:

Punto de corte	N° errores tipo I	N° errores tipo II	Total de errores
Predecir Q si $GT/IO > .5045$	2	1	3
Predecir Q si $GT/IO > .4730$	1	1	2
Predecir Q si $GT/IO > .4305$	0	1	1
Predecir Q si $GT/IO > .3940$	0	2	2
Predecir Q si $GT/IO > .3735$	0	3	3

El punto de corte que minimiza el número total de errores es: 0.4305, solo una empresa está mal clasificada usando este corte. Se puede hacer el mismo análisis para el ratio TIE., para ese caso el punto de corte que minimiza el número de errores es 1.16; es decir, se predice quebrada cualquier empresa que tenga un valor del ratio menor a 1.16. Este punto también entrega 1 empresa mal clasificada.

La técnica de escoger el punto de corte basado en las diez empresas de la muestra de estimación, corre el riesgo de que las características específicas de las empresas sesguen el resultado y que sobre-influencien el valor del punto de corte. Idealmente, uno quisiera que cualquier diferencia entre las quebradas y No quebradas, que son incorporadas en el modelo de predicción univariada, reflejen solo las diferencias poblacionales entre los dos grupos. Por esta razón, es importante testear el poder predictivo del punto de corte en una muestra independiente. Esta muestra independiente se denominará muestra de validación.

En 1971 sólo una ferroviaria quedó en bancarrota, se usó esta empresa y otras nueve como muestra de validación. El listado y el valor de los ratios relevantes se ordenan en al siguiente tabla (*tabla 3*):

Tabla 3	Ferrovias	GT/IO	Predicci3n	Estado en 1971
<i>1. Ranquing del ratio GT/IO</i>				
	Erie-Lackawanna	.469	Q	NQ
	Reading Company	.451	Q	Q
	Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific	.437	Q	NQ
	Burlington Northern	.425	NQ	NQ
	Chesapeake & Ohio	.395	NQ	NQ
	Akton, Canton & Youngstown	.382	NQ	NQ
	Atchison, Topeka & Santa Fe	.373	NQ	NQ
	St. Louis Southwestern	.352	NQ	NQ
	Bangor & Aroostook	.341	NQ	NQ
	Alabama Great Southern	.305	NQ	NQ
<i>2. Ranquing del ratio TIE</i>				
	St. Louis Southwestern	46.70	NQ	NQ
	Atchison, Topeka & Santa Fe	4.72	NQ	NQ
	Alabama Great Southern	4.05	NQ	NQ
	Chesapeake & Ohio	3.12	NQ	NQ
	Burlington Northern	2.73	NQ	NQ
	Akton, Canton & Youngstown	1.85	NQ	NQ
	Bangor & Aroostook	0.88	Q	NQ
	Reading Company	0.40	Q	Q
	Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific	0.27	Q	NQ
	Erie-Lackawanna	0.22	Q	NQ

Fuente: Foster "Financial Statement Analysis"

En la tabla 3 tambi3n se incluyen las predicciones usando .4305 para GT/IO y 1.16 para TIE. Para el ratio GT/IO se dan cero errores Tipo I y dos Errores tipo II. De la misma manera para el ratio TIE se dan cero errores tipo I y tres errores Tipo II. Sin embargo, la intuici3n de dificultades financieras no estuvo tan equivocada ya que en 1972 'Erie-Lackawanna' pidi3 la quiebra (lo que reduciría los errores de predicci3n a uno para GT/IO y a dos para TIE).

### III.3.4. Comentarios sobre el ejemplo:

- a) El criterio usado para determinar el punto de corte fue la minimizaci3n de los errores; sin embargo, este criterio puede dar dos respuestas que minimicen los errores totales, pero que presenten n3meros distintos de errores tipo I y Tipo II. La forma de solucionar dicha situaci3n es comparar los costos asociados a cada error; de esta manera, est3 claro que los errores tipo I son mas caros puesto que, hacer negocios con una



empresa que quiebra implica encargarse de los costos y las pérdidas asociadas al estado desfavorable. Mientras que el error tipo II implica no realizar negocios con una empresa que se mantiene en el tiempo y la consecuente pérdida de ganancias.

- b) El test de clasificación dicotómico explicado arriba es sólo una manera de enfocar el problema de la elección del punto de corte, otro enfoque puede ser el uso de la media o la mediana de los ratios en la muestra de estimación.
- c) Si varios ratios son usados para la determinación de modelos univariados, es probable que algunas firmas tengan predicciones distintas para el análisis de distintos ratios. Los modelos de predicción *Multivariados*, analizados mas adelante, intentan solucionar este problema.

### **III.3.5. Diferencias en las distribuciones de las variables:**

La comparación de las medias de los ratios de empresas con problemas financieros y de aquellas sanas, tiene una larga historia en la bibliografía. Un importante estudio es el realizado por Beaver (1966)<sup>14</sup>, trabajo en el cual se incluyo la comparación de las medias de ratios financieros de 79 firmas en peligro y 79 que no estaban en peligro. Una firma se designaba '*en peligro*' cuando ocurría uno de los siguientes eventos: quiebra, incumplimiento de bonos, sobregiro de cuenta corriente bancaria o no pago del dividendo de acciones preferentes. Las 79 empresas fueron escogidas con una muestra pareada; es decir, por cada firma en peligro se escogió otra empresa sana que fuera de la misma industria y que tuviera un tamaño de activos similar. De esta muestra se extrajeron treinta ratios financieros por cinco años, antes del momento del evento negativo y se compararon sus medias con pesos

---

<sup>14</sup> Beaver, W.H., "Financial Ratios as Predictors of Failure", *Empirical Research in Accounting*, Supplement to *Journal of Accounting Research* (1966), pp 71-111

equivalentes. Beaver llamó a esta comparación de ratios medios “profile analysis” o análisis de perfil. Se examinó si es que existían diferencias observables entre los ratios medios de los dos grupos de firmas. En general, el autor encontró una marcada diferencia en el comportamiento de los ratios financieros de los dos grupos de firmas. El Flujo de efectivo total sobre el total de deuda y el ingreso neto sobre total de activos, mostraron marcadas diferencias hasta cinco años antes del evento negativo.

Una limitación del análisis de la comparación de medias para ratios financieros es que sólo se examina un punto de la distribución. Las diferencias de las medias podrían ser afectada por algunas observaciones extremas en cualquiera de los grupos examinados, además de las observaciones extremas, podría darse una superposición casi completa de las distribuciones de los ratios. Existen varias opciones que uno podría usar para asegurar que las distribuciones son diferentes entre el grupo de empresas con dificultades financieras y aquellas sanas. Una es la usada en el ejemplo de la ferroviarias; es decir, usar un test de predicción univariado con una muestra de estimación y otra de validación. Otra opción es realizar tests formales de significancia estadística para la diferencia entre distribuciones.

El test dicotómico de predicción -discutido anteriormente- fue usado extensivamente por Beaver (1966), su estudio de 79 empresas finadas y 79 no finadas utilizó, como punto de corte, el valor que minimizaba el número total de errores. La Muestra fue dividida aleatoriamente en dos grupos, uno como grupo de estimación y el otro como grupo de validación. Sus resultados indicaron que los ratios que mejor discriminaban entre las firmas quebradas y las no quebradas en la muestra de validación eran: el Flujo de Efectivo / Total de la Deuda (capacidad de pago) e Ingreso Neto a Total de Activos (Retorno sobre los activos), ambos con una clasificación errada de alrededor del 13%, un año antes de la quiebra.

## IV. MODELOS MULTIVARIADOS:

### IV.1. Análisis Discriminante Múltiple (MDA)

Una clara limitación del modelo univariado resulta ser que diferentes variables pueden implicar distintas predicciones para la misma empresa. Por lo tanto, no es sorprendente que se hayan desarrollado modelos multivariados, que combinen la información de diversas variables financieras en un análisis interdependiente. La variable dependiente en estos modelos es: Una predicción de pertenencia a un grupo (ejemplo: quebradas y no quebradas), es decir, un problema de clasificación o una estimación de la probabilidad de pertenecer a uno de los grupos (ejemplo: la probabilidad de quiebra). Las variables independientes examinadas han sido ratios financieros y otras variables orientadas a la firma. Las problemáticas que aparecen al intentar generar un modelo de este tipo son:

- ¿Qué variables debieran ser incluidas?
- ¿Qué forma debiera tener el modelo?<sup>15</sup>
- ¿Qué peso debiera ser asociado a cada variable?

Idealmente, la teoría económica respecto de la crisis financiera debiera servir de guía en la resolución de las preguntas anteriores. Desafortunadamente, existe una muy reducida gama teórica disponible para la generación de este tipo de modelos, por lo tanto, no es sorprendente que los estudios publicados hayan basado su elección de variables en una extensiva búsqueda de datos empíricos y en los resultados de estudios anteriores.

---

<sup>15</sup> Como, por ejemplo, un modelo lineal o uno no lineal.

El modelo que se puede considerar clásico para abordar este problema es el Análisis Discriminante Múltiple (MDA) propuesto por Edward Altman<sup>16</sup>. Ésta es una técnica estadística que se aplica muy bien a las características de la información disponible y a los resultados esperados. Pese a no ser un método de análisis regresional muy popular, MDA ha sido usado en una variedad de disciplinas desde su generación en los años 30. En esos años MDA fue utilizado, mayormente, en estudios biológicos y de comportamiento. En tiempos más recientes, se ha vuelto popular en el área de negocios aplicados y teórico, especialmente en el marketing y en los estudios de mercado.

MDA es una técnica estadística que se usa para clasificar observaciones en uno de varios grupos generados *a priori*, dependiendo de las características individuales de la observación. Es usado principalmente, para clasificar o hacer predicciones en problemas donde la variable independiente aparece en términos cualitativos, por ejemplo, hombre / mujer, o quebrada / no quebrada. De esta manera, el primer paso es determinar los grupos de clasificación, en el cual el número de grupos pueden ser dos o más.

Después de que se establecen los grupos, se recogen los datos acerca de los sujetos que los componen; el MDA en su forma más simple, intenta derivar la combinación lineal de las características que mejor discriminen entre los grupos. Si un objeto particular, por ejemplo una empresa, posee características (ratios financieros) que puedan ser cuantificadas para todas las empresas del análisis, el MDA determina un set de coeficientes discriminantes. Cuando éstos son aplicados a los ratios actuales, aparecen las bases para la clasificación de la empresa en uno de los grupos mutuamente excluyentes. La técnica MDA tiene la ventaja de considerar el perfil completo de características comunes a todas las firmas estudiadas, así como la interacción entre estas características.

---

<sup>16</sup> Altman E. "Predicting Financial Distress of Companies: Revising the Z-Score and **ZETA**® Models", July 2000.

Otra ventaja, de MDA, es la reducción de las dimensiones del espacio en análisis, es decir, se reduce el número de variables dependientes a  $G-1$  dimensiones, donde  $G$  es el número de grupos determinados *a priori*. Esto es muy útil en el contexto de la predicción de quiebra, ya que como se parte de dos grupos (quebrados y no quebrados), el análisis se transforma a la forma más simple: una dimensión.

La función discriminante de la forma,

$$Z = V_1X_1 + V_2X_2 + \dots + V_nX_n$$

transforma los valores individuales en un solo valor discriminante (una dimensión), o en puntaje  $Z$ , que después es usado para clasificar los objetos; donde:

$V_1, V_2, \dots, V_n$  = son los coeficientes discriminantes

$X_1, X_2, \dots, X_n$  = son las variables independientes

El MDA computa los coeficientes discriminantes; ( $V_i$ ) mientras que las variables independientes son los valores reales.

Cuando se ocupa una lista extensa de ratios financieros para estudiar el potencial de quiebra de una empresa, es natural pensar que algunas variables tendrán un alto nivel de correlación o colinealidad entre sí. Mientras este aspecto no es grave para el análisis discriminante, sí impulsa a una selección cuidadosa de las variables (ratios) a usar. Coincidentemente, esta situación ofrece una ventaja para el modelo, ya que se podría construir un modelo con pocas variables que entreguen una gran cantidad de información. Dicha información puede fácilmente determinar diferencias entre los grupos; el

esfuerzo más importante del análisis es determinar si estas diferencias son significativas y relevantes para la determinación de la probabilidad de quiebra.

Quizás la mayor bondad que tiene el MDA, cuando se abordan problemas de clasificación, es el potencial que ofrece para examinar el perfil completo de la empresa, en vez de mirar las características individuales secuencialmente. Combinaciones de ratios pueden ser analizadas en conjunto para poder eliminar las ambigüedades y clasificaciones erróneas observadas en estudios de ratios tradicionales.

Altman llama a su modelo Z-Score y es una variación en la cual cinco medidas son ponderadas y sumadas, para llegar a un puntaje general que se establece como la base para la clasificación de empresas en dos grupos determinados a priori (con dificultades financieras y sin dificultades financieras).

#### **IV.2. Desarrollo del modelo Z-Score:**

En su estudio, Altman<sup>17</sup> seleccionó 22 ratios para ser evaluados, de los cuales se escogieron aquellos que mostraron mayor poder predictivo y que, al mismo tiempo, minimizaron la correlación entre sí; es decir se intentó seleccionar aquellos ratios que concentraran la mayor cantidad de información.

La elección se hizo en base a estudios realizados con anterioridad, a la frecuencia con que son utilizados y a la potencial relevancia para la investigación. Finalmente, la lista de ratios fue reducida a cinco. El procedimiento que se realizó para discriminar entre el grupo de variables fue el siguiente:

---

<sup>17</sup> Altman E. "Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy," *Journal of Finance*, September 1968.

- Observación de la significancia estadística de varias funciones alternativas, analizando también la contribución relativa de cada variable independiente.
- Evaluación de las inter correlaciones entre las variables relevantes.
- Observación de la efectividad predictiva de varios grupos de ratios.
- Evaluación según el criterio del investigador.

Finalmente, la función discriminante que se utilizó en el estudio se estableció como:

$$Z = 0.012 X_1 + 0.014X_2 + 0.033 X_3 + 0.006 X_4 + 0.999 X_5$$

Donde:

**X<sub>1</sub>**= Capital de trabajo/ Total de activos.

**X<sub>2</sub>**= Utilidades retenidas/ Total de activos.

**X<sub>3</sub>**= Utilidades antes de intereses e impuestos/ Total de activos.

**X<sub>4</sub>**= Valor del patrimonio/ Pasivo total.

**X<sub>5</sub>**= Ventas/ Total de activos.

**Z**= Índice general.

Se debe señalar que para la utilización de los ratios fueron necesarias algunas transformaciones, las variables de los factores X<sub>1</sub> a X<sub>4</sub> se introdujeron en la fórmula en valor porcentual, la variable X<sub>5</sub> es la única que utiliza el valor real del ratio. También se puede notar la falta de intercepto en la regresión. En general, estos cambios se deben a limitaciones del programa computacional usado para la estimación del modelo MDA. Los programas estadísticos computacionales actuales como el SPSS son mucho más potentes y permiten mayor libertad al investigador. Por otro lado, el estudio está diseñado

exclusivamente para empresas manufactureras, ya que la muestra de datos solo incluye firmas de este sector.

Para validar los resultados y el poder predictivo del modelo, el autor realizó pruebas estadísticas test-F, de esto resultó que –finalmente- se rechazó la hipótesis nula de que las observaciones vienen de la misma población, por ello se interpreta que el modelo tiene poder discriminante entre quebradas y no quebradas.

### **IV.3. Implementación del modelo Z-Score para el caso Chileno:**

Existe un trabajo de implementación del modelo multivariable de predicción Z-Score para el caso Chileno. En el seminario de titulación de C Mardonez<sup>18</sup> se analiza la aplicabilidad del modelo básico de Altman (1968) para empresas Chilenas.

Para dicho trabajo, la información respecto de los estados financieros fue obtenida de las Memorias publicadas por cada empresa y de las FECU'S archivadas en la Superintendencia de Valores y Seguros, además, se recolectó información de los Estados Financieros publicados por la Bolsa de Santiago.

La muestra inicial está compuesta por 34 firmas manufactureras. Se confeccionaron dos grupos: el primero, integrado por 17 firmas que actualmente no listan en la Bolsa que han sido denominadas como las firmas 'quebradas'; el segundo, conformado por otras 17 firmas, que actualmente listan en la Bolsa y que fueron denominadas como 'sanas' o 'no quebradas'.

---

<sup>18</sup> Mardonez Arias, Carolina, “Aplicación de los modelos de predicción de quiebra al mercado chileno” Seminario de título, Universidad de Chile, Primavera 2004



Primeramente se analizaron los datos de un año antes de la quiebra. Luego, se analizaron los resultados hasta cinco años antes de la quiebra, esto con fines comparativos y para poder determinar si la efectividad del modelo prevalece a través del tiempo y en qué horizonte temporal es recomendable aplicarlo.

Importante resulta señalar que por falta de información, dificultad para conseguir los estados financieros de empresas retiradas de la Bolsa y – finalmente- por razones prácticas, se asumió que el grupo de empresas ‘quebradas’ estaba compuesto por compañías que han dejado de listar por diversas razones y que no necesariamente han quebrado a la fecha de retiro de la Bolsa. Para empresas Chilenas no existen bases de datos financieros y conseguir información completa es una tarea tremendamente compleja, muy distinto es el caso Americano donde se cuenta con extensas bases de datos, como las ofrecidas por Moody’s.

En el trabajo revisado se separa la muestra en dos grupos; **Grupo 1** (Quebradas): Compuesto por las firmas provenientes del sector manufacturero que han dejado de listar en la Bolsa de Santiago, durante el período de 1994 a 2003. **Grupo 2** (No Quebradas): Compuesto por las firmas ‘no quebradas’ (sanas) al momento del análisis, pertenecientes al sector manufacturero. Cabe señalar que éstas fueron elegidas cuidadosamente por industria y tamaño con el fin de parearlas con las firmas del grupo 1. El tamaño medio resultó ser algo menor que el del primer grupo, puesto que no es necesario un calce perfecto para la aplicación del modelo. Se debe precisar que los datos -recolectados para el estudio- pertenecen a los mismos años, tanto para las empresas quebradas, como para las que no lo estaban.

Se puede determinar, según el estudio realizado por C. Mardonez (2004), que la efectividad del modelo Z para predecir a las empresas quebradas es del

60%. Concluye de ello que la eficacia con la que se predice la quiebra de las firmas manufactureras -con la información de un año antes de que se produzca ésta- es bastante más baja que el resultado del estudio original realizado en Estados Unidos, sin embargo, esto se puede explicar por la dificultad de recopilar la información necesaria. En el caso de las empresas no quebradas los resultados son bastante mejores en comparación a las quebradas, ya que se logra un poder predictivo del 92,86%. En conclusión, se puede afirmar que el Z-Score de Altman tiene un alto poder predictivo para las empresas, manufactureras Chilenas, **no quebradas**. El problema con estos resultados es que el modelo presenta un alto porcentaje de error tipo I (suponer sanas empresas que en realidad quiebran), lo que se relaciona a costos muy altos; lo que, a su vez, hace pensar que el modelo de Altman (1968) no es muy adecuado para el caso Chileno. Otra alternativa es que el modelo sea correcto, pero para ello se requiere una muestra de mayor tamaño (lo que es difícil para Chile).

El trabajo revisado también realizó estimaciones para 2 y 5 años antes de la quiebra y, como es de esperar, a medida que aumenta el horizonte de análisis disminuye el poder predictivo del modelo.

#### **IV.4. Modelo ZETA®**

En 1977, Altman<sup>19</sup> construyó un modelo de segunda generación con varios avances en comparación al Z-Score original. La intención que tuvo con este estudio fue la de construir, analizar y probar un nuevo modelo de clasificación de quiebra que considerara desarrollos más recientes sobre la salud financiera de las empresas. Además, este nuevo estudio, ocupa herramientas estadísticas

---

<sup>19</sup> Altman, E., R. Haldeman, y P. Narayanan, "ZETA Analysis: A New Model to Identify Bankruptcy Risk of Corporations", *Journal of Banking and Finance*, June 1977.

computacionales más poderosas para el campo de MDA. El nuevo modelo, denominado ZETA®, fue efectivo para distinguir compañías quebradas hasta 5 años antes del evento y se generalizó para compañías manufactureras y del sector retail. Ya que ZETA es un modelo privado, no se disponen de los parámetros específicos de la ecuación, pese a ello es posible revisar -en términos generales- las características del estudio.

Las principales conclusiones del estudio de ZETA radican en que éste es capaz de proporcionar una clasificación precisa cinco años antes de la quiebra, con un nivel de predicción del 70% para la muestra de validación y de un 90% de precisión para un año antes de la quiebra. Además se vio que incluir empresas del sector retail en la muestra no afectó negativamente los resultados, esto se debe a la reestimación de los parámetros del modelo, a la nueva selección de ratios relevantes (se incluyeron 7 variables en vez de las 5 del modelo anterior) y a la adecuación del modelo a nuevas reglas contables. Los autores también encontraron que ZETA tiene mejores resultados que estrategias alternativas de clasificación de quiebras, en términos de los costos asociados a los errores de predicción.

La muestra usada para la estimación consistió en 53 empresas quebradas pareadas con 58 no quebradas que pertenecían a la misma industria y cuyos datos coincidían en año. En la muestra se incluyeron tanto empresas manufactureras, como del área retail en proporciones equivalentes. El tamaño promedio de los activos de las empresas quebradas de la muestra fue de casi US \$100 millones, lo que indica una tendencia creciente en términos del tamaño de las empresas que quiebran; es decir, empresas que en el pasado se creían inmunes a la quiebra por el tamaño de sus operaciones, fueron demostrando que también tienen riesgo de desaparecer.

Después de un proceso iterativo, mediante el cual se reduce el número de ratios usados en el modelo, se llega a una selección de 7 variables que demostraron ser las más confiables y estables; es decir, no se podían mejorar significativamente los resultados mediante la inclusión de variables adicionales. Las variables que se utilizaron son:

- $X_1$ , retorno sobre los activos, medido por los ingresos antes de impuestos e intereses dividido por el total de los activos.
- $X_2$ , estabilidad de los ingresos, dado por una medida normalizada de la desviación estándar de  $X_1$  a lo largo de un período de 5 a 10 años. El riesgo del negocio es usualmente expresado en términos de la fluctuación de los ingresos y, la medida  $X_2$ , demostró ser bastante efectiva para recoger dicha fluctuación.
- $X_3$ , servicio de deuda, medido por el ya explicado ratio de cobertura de intereses (**Costo promedio de endeudamiento**).
- $X_4$ , rentabilidad acumulada, medido por los ingresos retenidos del Balance dividido por el total de activos (**Utilidades Retenidas / Activos Totales** de el capítulo II.3).
- $X_5$ , liquidez, medida por la **Razón Corriente**.
- $X_6$ , capitalización, medido por la división de las acciones comunes / total de capital. Tanto en el numerador como en el denominador, las acciones son medidas como el promedio del valor de mercado durante 5 años y no por el usual valor libro; el denominador también incluye a las acciones preferentes a su valor de liquidación, las deudas de largo plazo y los arrendos de capital (o leasing).
- $X_7$ , tamaño, medido por el total de activos de la empresa.

Como se puede apreciar por las variables seleccionadas ZETA es radicalmente distinto a los estudios de predicción de quiebra que utilizan información de los estados financieros, ya que trata de incorporar aspectos de mercado y precio de acciones al análisis, así como un concepto de varianza del

valor de los activos. Mas adelante, en este seminario se revisará una serie de modelos que ocupan -casi exclusivamente- los precios de mercado de las acciones y su varianza para la estimación de la probabilidad de quiebra.

## V. MODELOS LOGIT Y PROBIT (OHLSON 1980):

### V.1. Antecedentes Generales

Este modelo desarrollado por James A. Ohlson (1980)<sup>20</sup>, tuvo un objetivo similar a los estudios anteriores en el tema: predecir la probabilidad de quiebra. Su aporte principal se plasma en la metodología, puesto que fue el primero en utilizar el método de estimación de máxima verosimilitud, denominado **logit condicional** para llevar a cabo su regresión.

Mediante su análisis fue capaz de detectar cuatro factores básicos estadísticamente significantes que afectan la probabilidad de quiebra, a saber:

- El tamaño de la compañía.
- Una medida de la estructura financiera.
- Una medida del desempeño.
- Una medida de la liquidez.

Estos factores se vieron reflejados en el modelo a través de una correcta selección de ratios para el estudio.

Al ocupar el método Logit, fue posible evitar alguno de los problemas teóricos que presenta el análisis discriminante múltiple (MDA), entre los cuales podemos nombrar:

- Asumir que los ratios presentan distribuciones normales.

---

<sup>20</sup> Ohlson, James (1980), "Financial Ratios and Probabilistic Prediction of Bankruptcy", Journal of Accounting Research, Spring 80, Vol. 18, Issue 1.

- El output de un modelo MDA es básicamente un ranking ordinal y, además, la arquitectura del modelo, no deja espacio para un análisis más intuitivo (teórico).
- El problema de emparejar -usando criterios como tamaño e industria- a las firmas quebrada y no quebradas resulta ser, en cierto modo, arbitrario. El autor propone que sería mucho más lógico usar los criterios de tamaño y sector como variables dependiente para la estimación.

Entre las principales ventajas de la metodología condicional Logit, se pueden mencionar:

- No es necesario asumir distribuciones normales.
- Las matrices de varianzas-covarianzas entre ambos tipos de empresas, no tienen que ser iguales.
- Permite introducir efectos no lineales en la estimación.
- Este tipo de modelos no imponen restricciones al número ni al tipo de variables independientes.

Ohlson afirma que los estudios anteriores han exagerado su poder predictivo, ya que en algunos casos se han empleado estados de resultados emitidos después de la declaración de quiebra, lo que facilitaría la predicción de ésta. Es por esto que al desarrollar su modelo evita caer en ese tipo de error, pero el poder predictivo (en comparación a los modelos MDA) se ve afectado negativamente. Sumado a lo anterior, una posible desventaja de este modelo, resulta ser el hecho de que no emplea los precios del mercado, lo que podría disminuir la efectividad de éste. Es posible que la ausencia de datos de mercado sea lo que explique el desempeño del modelo, el cual no reporta resultados tan exactos como otros estudios. Este hecho, deja espacio para nuevos desarrollos de modelos logit más potentes o más generales. El mismo Ohlson, informa en su trabajo el hecho de estar estudiando una extensión para

su modelo inicial que incluya el efecto de los precios de mercado de las acciones.

## V.2. Estimación del O-Score

Para su estudio, Ohlson obtuvo los datos del Compustat File para el período de 1970- 1978, en total se analizaron 105 firmas quebradas y 2058 no quebradas, las cuales participaron en la bolsa o -al menos- en un mercado '*over the counter*' y que pertenecían al sector industrial. Se analizaron los estados financieros hasta tres años antes de que se produzca la quiebra.

Ohlson estimó tres modelos: el primero, para ser aplicado un año antes de la quiebra; el segundo, para ser aplicado dos años antes de ésta y el último modelo, es el que predice la quiebra uno o dos años antes de que se produzca.

Los modelos O-Score, fueron estimados respectivamente como:

- $O_1 = -1.32 - 0.407X_1 + 6.03X_2 - 1.43X_3 + 0.0747X_4 - 2.37X_5 - 1.83X_6 + 0.285X_7 - 1.72X_8 - 0.521X_9$
- $O_2 = 1.84 - 0.519X_1 + 4.76X_2 - 1.71X_3 - 0.297X_4 - 2.74X_5 - 2.18X_6 - 0.78X_7 - 1.98X_8 + 0.4218X_9$
- $O_3 = 1.13 - 0.478X_1 + 5.29X_2 - 0.99X_3 + 0.062X_4 - 4.62X_5 - 2.25X_6 - 0.521X_7 - 1.91X_8 + 0.212X_9$

Donde:

- $X_1$ , **Tamaño**: Definido como el logaritmo de los activos totales dividido por el índice de precios.
- $X_2$ , **Pasivos Totales / Activos Totales**: (ratio ya descrito en el capítulo II.3).



- X<sub>3</sub>, **Capital de Trabajo/ Activos Totales:** (capítulo II.3).
- X<sub>4</sub>, **Razón corriente:** (capítulo II.3).
- X<sub>5</sub>, **Dummy de solvencia:** que es igual a uno en el caso de que el total de los pasivos sea mayor que el total de los activos; en caso contrario, es igual a cero
- X<sub>6</sub>, **Retorno sobre los activos o EBIT/ Activos Totales:** (cap II.3).
- X<sub>7</sub>, **Resultado operacional sobre el total de las obligaciones:** (cap II.3).
- X<sub>8</sub>, **Dummy de rentabilidad:** es igual a uno cuando los ingresos –en los últimos dos años- han sido negativos; en caso contrario, es igual a cero.
- X<sub>9</sub>, **Ingreso Neto<sub>t</sub> – Ingreso Neto<sub>t-1</sub> / | Ingreso Neto<sub>t</sub> | + | Ingreso Neto<sub>t-1</sub> | :** Muestra el cambio en el ingreso neto de un período a otro (el denominador actúa como un indicador de nivel).

Este modelo, a diferencia del de Altman (1968), no especifica los puntos de quiebre para evaluar la situación de la firma, sino que asigna una probabilidad de quiebra,  $O_i$ , a cada firma según el nivel de confianza que se quiera obtener. En su estudio, para un nivel de confianza del 1%, no existía error del tipo I y el error del tipo II era del 47%; a mayor nivel de confianza, se incrementa el error de ambos tipos.

Como conclusión, Ohlson afirma que el poder predictivo de cualquier modelo depende de cuándo estuvo la información disponible. Además, asevera que el poder predictivo de procedimientos de estimación logit es robusto cuando se utilizan transformaciones lineales de un vector de ratios financieros

### V.3. Estimación del O-Score para el caso Chileno:

Existe un trabajo de implementación del modelo multivariable de predicción de quiebra O-Score para el caso Chileno. En el seminario de titulación de C Mardonez<sup>21</sup> se analiza la aplicabilidad del modelo logit de Ohlson (1980) para empresas Chilenas.

En este trabajo, se aplicaron los dos primeros modelos, enunciados en el apartado anterior ( $O_1$  y  $O_2$ ), y sus resultados se compararán con el tercer modelo ( $O_3$ ) para determinar cuál de ellos es más efectivo.  $O_1$  se ocupa para la estimación un año antes de la quiebra mientras que  $O_2$  se usa para el análisis de empresas dos años antes de la quiebra.

Al igual que para la implementación del modelo de Altman por la misma autora, la información respecto de los estados financieros fue obtenida de las Memorias publicadas por cada empresa y de las FECU'S archivadas en la Superintendencia de Valores y Seguros, además, se recolectó información de los Estados Financieros publicados por la Bolsa de Santiago.

La muestra corresponde a la misma que usó antes (ver capítulo IV.3). Ella está compuesta por 34 firmas manufactureras. De esto se confeccionaron dos grupos: el primero, integrado por 17 firmas que actualmente no listan en la Bolsa que han sido denominadas como las firmas 'quebradas'; el segundo, conformado por otras 17 firmas, que actualmente listan en la Bolsa y que fueron denominadas como 'sanas' o 'no quebradas'.

Al aplicar los tres modelos, para 1 y 2 años antes de la quiebra, la autora pudo constatar que para el mercado Chileno, el modelo  $O_3$  fue el más efectivo

---

<sup>21</sup> Mardonez Arias, Carolina, "Aplicación de los modelos de predicción de quiebra al mercado chileno" Seminario de título, Universidad de Chile, Primavera 2004

para predecir la quiebra un año antes; y el modelo O<sub>2</sub> es el más efectivo para la predicción dos años antes. El modelo O<sub>3</sub> logró una correcta predicción del 68.75% de las empresas quebradas, mientras que el O<sub>2</sub> logró un 87,5% de predicción correcta. Inicialmente estos resultados son muy alentadores en relación a la aplicabilidad de los modelos para el caso chileno; sin embargo, para poder decir con seguridad que el modelo de Ohlson es adecuado para el caso Chileno se requiere una muestra más completa de datos financieros. Recordemos que una de las conclusiones de Ohlson es que es muy importante tomar en cuenta el momento en que se declara la quiebra con respecto a la publicación de los estados financieros. La forma en que se define el grupo de las empresas “Quebradas”(aquellas que ya no listan en la Bolsa) no permite determinar el momento de quiebra, esta situación podría sesgar positivamente los resultados del estudio.

## **VI. MODELOS BASADOS EN REDES NEURONALES:**

### **VI.1. Redes neuronales y su aplicación a la predicción de quiebra:**

Siguiendo con los modelos derivados de la información contable y financiera, una de las últimas técnicas aplicables a la predicción de la quiebra son las Redes Neuronales Artificiales RNA (o “Artificial Neural Networks”). Con diez años de investigación RNA ha alcanzado cierto grado de maduración además, constantemente están apareciendo nuevas técnicas.

Las primeras investigaciones con Redes Neuronales Artificiales empezaron en los años 40, pero las aplicaciones financieras son mucho más recientes. Según la bibliografía sobre aplicaciones de negocios de RNA realizado por Wong, Bodnovic y Selvi (1995)<sup>22</sup>, las experimentaciones empezaron en 1988. Las aplicaciones a la predicción de quiebra son todavía bastante nuevas, de hecho, el primer trabajo sobre el tema fue publicado en 1990. En esta sección se analizarán las metodologías, las diferencias y similitudes entre los distintos trabajos de aplicación de RNA.

La predicción de la quiebra corresponde a un problema de clasificación, con variables de entrada (generalmente información financiera y contable de las empresas). Se trata, entonces, de determinar en qué categoría estará la firma en el futuro: quebrada o no quebrada.

La creciente digitalización de la información contable y financiera de las empresas en bases de datos computacionales, facilita el uso de las Redes

---

<sup>22</sup> Wong, Bodnovitch and Selvi, “A bibliography of neural networks business applications research”, Expert Systems, Vol 12 N°3, 1995, pp 253-262

Neuronales Artificiales con datos cuantificables; las RNA requieren de una muestra grande de datos para obtener resultados estadísticamente significativos. En los casos en que dicha base de datos extensa existe, se ha probado la sustitución de modelos estadísticos tradicionales, como el MDA (Análisis Discriminante Multivariado), por RNA y los resultados han sido muy alentadores. En general, la aplicación de RNA ha mostrado su eficiencia para la solución de problemas complejos y no lineales, en el cual existe una amplia base de datos y en donde no existe una modelación matemática. La quiebra cumple con estas tres características.

## VI.2. El Modelo de Redes Neuronales Artificiales

Es posible distinguir, al menos, dos importantes aplicaciones de las redes neuronales en las áreas de economía y finanzas: primero, la clasificación de agentes económicos, tales como: compañías para obtener una estimación de la probabilidad de quiebra (por ejemplo, Odom & Sharda<sup>23</sup>, 1990; Wilson & Sharda<sup>24</sup>, 1994; Rahimian<sup>25</sup>, 1993); compañías de seguros (Brockett, Cooper, Golden & Pitaktong<sup>26</sup>, 1994); la capacidad acreedora de clientes bancarios (Marose\*, 1990); tenedores de tarjetas de crédito (Jagielska & Jaworski\*, 1996), etc. Segundo, la predicción de series de tiempo (Tang\*, 1991, et all). Con respecto a esto último, cabe señalar que el propósito de un modelo de predicción es capturar patrones de comportamiento en datos multivariados que distinguen varios resultados, esto se logra muy bien a través de los modelos no

---

<sup>23</sup> Odom M. D. & Sharda R. (1990). "A neural network model for bankruptcy prediction". *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks*, San Diego II, pp. 163-168.

<sup>24</sup> Wilson, R. L. & Sharda R. (1994). "Bankruptcy prediction using neural networks". *Decision Support Systems*, 11(5), June, pp. 545-557.

<sup>25</sup> Rahimian E., Singh S., Thammachote T. & Virmani R. (1993). "Bankruptcy prediction by neural network". R. R. Trippi & E. Turban (eds.): *Neural networks in finance and investing*. Probus Publishing, pp. 159-171

<sup>26</sup>,\* **Referencia de:** A Parisi, F. Parisi & J. L. Guerrero. "Evaluación de Modelos de Redes Neuronales de Predicción del Signo de la Variación del IPSA" <http://www.parisiyparisi.cl>

paramétricos de redes neuronales. Los modelos de redes neuronales han sido desarrollados, además, para predecir valores de índices bursátiles y de activos individuales (situándose la mayoría de las primeras investigaciones y aplicaciones en mercados establecidos en EEUU). Dichos modelos han sido empleados para predecir el nivel o el signo de los retornos de índices bursátiles, entre otras aplicaciones relacionadas a la toma de decisiones en las áreas de finanzas e inversión.

Sin embargo, para una clara comprensión y una correcta utilización de los modelos de redes neuronales, se deben tener presentes las limitaciones presentadas por ellos: sus modelos estimados son difíciles de explicar debido a su compleja forma funcional; los modelos de redes neuronales no lineales no poseen propiedades estadísticas clásicas, razón por la cual, no es posible realizar pruebas de hipótesis y construir intervalos de confianza; puede ocurrir un sobre-ajuste a los datos de la muestra o un sobre-aprendizaje de la red (el cual se produce cuando el sistema se ajusta demasiado a los datos de entrenamiento, aprendiendo incluso el ruido presente en ellos, por lo que crece el error ante patrones diferentes a los empleados en el entrenamiento y disminuye la precisión de la proyección), dado los muchos parámetros que necesitan ser estimados para los modelos multivariados; y, por último, no existe una guía objetiva para seleccionar la dimensión apropiada de la red (es decir, el número de capas ocultas o neuronas). La implementación usualmente se realiza a través de un proceso de prueba y error, aunque se ha sugerido el empleo de métodos sistemáticos tales como el *Support Vector Networks Method* (Herbrich, Keilbach, Graepel, Bollmann-Sdorra & Obermayer, 2000).

Cabe señalar que aún cuando existen estudios que muestran la fortaleza de las redes neuronales en la predicción de series de tiempo no lineales con respecto a los métodos estadísticos tradicionales, se requieren estudios adicionales para evaluar la aplicación de éstos a la proyección y a la toma de

decisiones, con el objeto de hacerlos instrumentos confiables para los analistas encargados de realizar pronósticos.

Las redes neuronales pueden entenderse como modelos multi-ecuacionales o multietapas, en los que el *output* de unos constituye el *input* de otros. En el caso de las redes multicapas, existen etapas en las cuales las ecuaciones operan en forma paralela. Los modelos de redes neuronales, al igual que, por ejemplo, los modelos de suavizamiento exponencial y de análisis de regresión, utilizan *inputs* para generar un *output* en la forma de una proyección. La diferencia radica en que las redes neuronales incorporan inteligencia artificial en el proceso que conecta los *inputs* con los *outputs*.

Según Martín del Brío y Sanz\* (1997), las redes neuronales artificiales (R.N.A.) “son sistemas de procesamiento que copian esquemáticamente la estructura neuronal del cerebro para tratar de reproducir sus capacidades”. En consecuencia, son una clase de modelos no lineales flexibles que se caracterizan por ser sistemas *paralelos* (Cuentan con una gran cantidad de neuronas o procesadores elementales ‘PE’, cada una de las cuales trabaja paralelamente con una pequeña parte de un problema mayor.), *distribuidos* (Cuentan con muchos PEs a través de los cuales distribuyen su memoria.) y *adaptativos* (Tienen la capacidad de adaptarse al entorno modificando sus pesos y sinapsis de manera de encontrar una solución aceptable al problema.). Según estos autores, estos tres conceptos se traducen en un mejor rendimiento y en una mayor velocidad de procesamiento.

Por su parte, Herbrich, Keilbach, Graepel, Bollmann-Sdorra & Obermayer\* (2000) señalan que la característica más importante de las redes neuronales, es su capacidad para aprender dependencias basadas en un número finito de observaciones, donde el término *aprendizaje* significa que el conocimiento adquirido -a partir de las muestras- puede ser empleado para proporcionar una

respuesta correcta ante datos no utilizados en el entrenamiento de la red. La literatura sugiere que las redes neuronales poseen varias ventajas potenciales sobre los métodos estadísticos tradicionales, destacándose el hecho de que éstas pueden ser aproximaciones de funciones universales aún para funciones no lineales, lo que significa que ellas pueden aproximar automáticamente cualquier forma funcional (lineal o no lineal) que mejor caracterice los datos, permitiéndole a la red extraer más señales a partir de formas funcionales subyacentes complejas.

En una red neural hay pares de inputs y outputs que son usados para entrenar la red. Pueden haber múltiples inputs (variables explicativas) y múltiples outputs (proyecciones de diferentes variables). Entre los inputs y los outputs hay una capa -o múltiples capas- de procesamiento que imitan el trabajo del cerebro humano; luego, dado un nuevo conjunto de inputs, la red puede producir un nuevo output (proyección) sobre la base de lo que aprendió de los pares de inputs y outputs que le fueron provistos. El analista puede controlar algunos aspectos del proceso, tales como la tasa de aprendizaje y la precisión deseada del output.

Estos modelos se caracterizan porque en ellos el resultado es conocido y la red se entrena a sí misma hasta que es capaz de predecir aquel resultado asociado con los datos de entrada.

### **VI.3. El estado de la técnica**

Los estudios con redes neuronales en el área de la predicción de quiebra se pueden dividir en dos grupos según las decisiones que se tomaron para la generación del experimento, por un lado están las variables (ej. ratios



financieros) que se eligieron y, por el otro, el tipo de arquitectura neuronal que se ocupó.

### **VI.3.1. Datos observados y variables escogidas:**

La elección es de dos tipos: la elección de la población de firmas y la selección de variables descriptivas de las empresas. La elección de la población de firmas depende casi totalmente del tamaño de la muestra disponible, de hecho RNA requiere de muchos ejemplos para aprender, pero el número de empresas quebradas es limitado, por lo que los autores se ven obligados a hacer una selección muy cuidadosa para mantener una cantidad suficiente de datos. La selección por tipo de actividad, sector geográfico, tamaño de la empresa y tiempo de observación, están limitados por el tamaño de la muestra requerido por RNA.

- Tipo de actividad: del total de los estudios revisados, más de la mitad no hacen notar una elección de algún sector de actividad específico. Sin embargo, los autores si realizan una selección pareada de empresas del mismo sector, es decir, una empresa quebrada está pareada con otra no quebrada del mismo sector.
- Sector geográfico: No se encontró ningún trabajo que realizara esta selección. El criterio depende exclusivamente del lugar de origen del autor.
- Tamaño de la empresa: Los tamaños son variados, se encontró estudios con pequeñas y medianas empresas, pero mayormente estudios con empresas que cotizan en bolsa y en mercados secundarios. Hay que notar que dentro de cada estudio las empresas seleccionadas son de tamaños comparables

- Tiempo de observación: Algunos estudios parten trabajar con observaciones de sólo un año antes de la quiebra, pero la mayoría ocupa más de tres años.

Todas estas elecciones están limitadas por el tamaño de la muestra, pero el autor tiene la libertad de escoger otros elementos, tales como: la proporción entre empresas quebradas y no quebradas. De la misma manera que en los estudios del tipo Altman de MDA, hay dos tendencias en esta proporción: la primera, es tener el mismo número de empresas quebradas y no quebradas en la muestra; la segunda tendencia es que -aprovechando la mayor información correspondiente a empresas sanas- se ocupa una muestra en la cual la proporción de empresas no quebradas es mayor a la de empresas quebradas. La evidencia teórica no nos hace pensar que un método sea mejor que el otro, pero en la práctica pareciere ser que usar la misma proporción entrega mejores resultados.

Con respecto a las variables usadas en los estudios puede decirse lo siguiente:

- Datos Cuantitativos: Todos los estudios revisados ocupan sólo datos cuantitativos extraídos del Balance y Estado Financiero anual. No se encontró ningún estudio que haya intentado incluir datos de mercado al modelo.
- Número de ratios: Los ratios financieros usados se extraen de la literatura o de las herramientas estadísticas tradicionales como los ratios usados para el MDA de Altman. La preferencia de las variables utilizadas por Altman es clara, más aún, no se encontraron autores que intentaran construir una nueva serie de variables que sea específica para el uso de RNA. Se vio que los estudios ocupan de 5 a 34 ratios como variables explicativas de la probabilidad de quiebra.

Por el lado de las categorías, todas las aplicaciones ocupan sólo dos: quebradas y no quebradas. No se observaron estudios en los cuales se introdujera el concepto de la quiebra en el tiempo, generando así una partición más de los resultados.

### **VI.3.2. Arquitectura Neuronal:**

#### **a) Tipo de sistema**

El mayor consenso en relación al sistema o la red neuronal a usar, es el uso de la Percepción Multicapa 'MLP' (Multilayer Perception). En las aplicaciones vistas, dos tercios específicamente ocupan MLP y cuatro intenta hacer una comparación con MLP y otros sistemas neuronales. Dos estudios realizados por Martín-del Brio y Serrano-Cinca<sup>27</sup> (1993) y Kivilouoto y Bergius<sup>28</sup> (1997) trabajan con otra arquitectura: La red Kohonen o Mapa Auto-Organizado 'SOM' (Self Organizing Map). El MLP continua siendo la referencia para los problemas de clasificación, pero SOM aparece como una alternativa prometedora.

La diferencia en los métodos de MLP está en la aplicación del algoritmo de aprendizaje. De hecho, el algoritmo de aprendizaje retro-propagación del error 'RPG' presenta, en ocasiones, dificultades para llegar a una solución óptima, cuando el problema es no lineal. Esto ocurre porque existen pocas soluciones en el espacio de búsqueda y el algoritmo puede no converger en una solución general. En ocasiones, el algoritmo solo llega a una solución local, por lo tanto, ciertos autores han intentado encontrar técnicas alternativas en la fase de

---

<sup>27</sup> Martín del Brio and Serrano Cinca, 1993, "Self-organizing neural networks: the financial state of spanish companies", Neural Networks in the Capital Markets, edited by Apostol-Paul Refenes, pp 341-357

<sup>28</sup> Kivilouoto and Bergius, 1997, "Exploring corporate bankruptcy with two-level self organizing map", Decisión technologies for financial engineering, Proceedings of the 3th International Congress on Neural Networks in the Capital Markets.

aprendizaje, como por ejemplo, Dorsey, Edmister y Johnson<sup>29</sup> (1995) usan Algoritmos genéticos en esta etapa.

El uso de diferentes algoritmos de aprendizaje está justificado por las limitaciones de RPG, pero la elección de la arquitectura no está claramente explicada en la bibliografía revisada. En los 14 estudios que ocupan exclusivamente MLP, los autores nunca justificaron su elección. Además, los tres estudios que comparan MLP con otras arquitecturas nunca la pusieron claramente en duda. (Poding<sup>30</sup> 1992, Rahimiam 1996 y Yang, James & Packer<sup>31</sup> (1997).

Se pueden dar algunas razones para usar MLP: Primero, muchos estudios se han realizado sobre MLP y sus bondades, especialmente para problemas de clasificación. La investigación aún no ha avanzado lo suficiente como para ampliar la arquitectura MLP, sin grandes dificultades teóricas ni prácticas; segundo, está el tema de la disponibilidad de datos de empresas no quebradas y quebradas, la cual concuerda con las variables de entrada y salida requeridas por la herramienta MLP, los datos de input y output concuerdan con los ratios financieros y la separación en dos grupos (quebradas y no quebradas), respectivamente. Y, tercero, su construcción y uso son relativamente simples. Mas aún, la teoría del sistema Kohonen está menos desarrollada y, todavía, no está resuelta la pregunta sobre sus posibilidades de convergencia.

---

<sup>29</sup> **Referencia de:** Muriel Perez, “Neural Network Applications in Bankruptcy Forecasting: A State of the Art”, Université Jean Moulin Lyon.

<sup>30</sup> Poding, 1992, “Bankruptcy prediction: a comparison with discriminant analysis”, en: Neural Networks in the Capital Markets, ed: Apostolos-Paul Refenes, pp 311-323

<sup>31</sup> Yang, James & Packer, 1997, “The failure prediction of UK private construction companies” WP University of Portsmouth, Department of Land and Construction Management.

## **b) Arquitectura interna:**

Para el uso de MLP en la predicción de quiebra, la arquitectura interna ocupada en la mayoría de los casos corresponde a una sola capa oculta. En solo un par de estudios se utilizan 2 capas ocultas (Altman, Marco y Varreto<sup>32</sup> (1994), y Raghupathi, Schkade y Raju<sup>33</sup> (1991). También se vio que las capas de salida fueron construidas con una o dos neuronas que entregaban el mismo resultado, una separación del espacio de búsqueda en dos grupos (firmas quebradas y firmas no quebradas).

El método utilizado, en estas implementaciones para construir las redes neuronales, es totalmente empírico y, de esta manera, la predicción de quiebra no está basada en relaciones teóricas entre las variables de entrada y las de salida. De hecho, no existe una explicación teórica completa que permita discriminar cuál es la arquitectura de MLP óptima. Lo más usual es construir diferentes estructuras MLP y después contrastar la efectividad de predicción de cada una, para luego escoger la que tenga mayor poder predictivo. Lo esencial de una construcción de la arquitectura MLP está resumida en la siguiente conclusión: Un MLP con sólo una capa escondida se puede aproximar a cualquier función. Pero el tamaño de dicha capa solamente puede ser escogida por una metodología empírica

Resultados explicados en estudios de RNA en otro campo de las finanzas (Parisi, Parisi y Guerrero "*Evaluación de Modelos de Redes Neuronales de Predicción del Signo de la Variación del IPSA*"), muestran que la capacidad predictiva de los modelos varía a través del tiempo, por lo que se hace necesario no sólo recalcular los coeficientes período a período, sino que

---

<sup>32</sup> Altman, Marco y Barreto, 1994, "Corporate distress diagnosis: Comparison using linear discriminant analysis and neural networks (the Italian experience)", *Journal of Banking and Finance* 18, pp 505-529.

<sup>33</sup> Raghupathi, Schkade y Raju, 1991, "A neural network approach to bankruptcy prediction" *Finance and investing*.

también, reconstruir el modelo en sí, por lo que no existiría un único modelo explicativo.

#### **VI.4. Resumen y perspectivas respecto a redes neuronales:**

La revisión bibliográfica impulsa los siguientes comentarios:

- La mayor parte de las experiencias hacen comparaciones entre RNA y otros modelos clásicos de predicción estadística, tales como: ADM, Regresión Logística y Particionamiento Recursivo. Sin embargo, es raro ver un estudio en el cual se realice una comparación entre diferentes redes neuronales. Además, no se encontraron muchos detalles sobre la elección de Red Neuronal.
- La mayor parte de los estudios concluyen una superioridad (o por lo menos una igualdad) en la capacidad de otorgar una correcta predicción con modelos RNA, frente a otros métodos estadísticos de predicción de quiebra.
- Con respecto a las variables usadas, es difícil realizar una comparación entre los distintos estudios, ya que los datos son muy heterogéneos. Las limitaciones del tamaño de la muestra necesaria para el uso de redes neuronales, resta independencia a la elección de el periodo de observación, el sector o rubro y el tamaño de las empresas. Esto es especialmente importante cuando se estudia la predicción de quiebra, ya que la muestra de empresas quebradas con información disponible, es relativamente acotada.
- Los ratios usados nunca fueron escogidos específicamente para la implementación de un modelo de RNA, esto porque las variables son extraídas de estudios tradicionales de predicción de quiebra o de literatura existente. Este hecho, limita la contribución potencial que

podieran entregar las redes neuronales artificiales a la predicción de quiebra.

- Las bondades de los sistemas de RNA no son analizadas más allá de su utilidad práctica, es decir, sólo son usadas como sustituto de otras herramientas estadísticas tradicionales. El problema está en que las características inherentes de la herramienta no permiten el uso de tests de hipótesis y otros métodos usuales de contrastación de resultados. Esto sucede, en parte, por que es un método puramente empírico, puesto que no se hacen pruebas sobre la distribución de las variables, ni se analizan supuestos de información incompleta y de omisión de variables relevantes.

Después de diez años de desarrollo, se puede decir que las RNA han alcanzado una primera meta: el establecimiento de las Redes Neuronales Artificiales como una metodología poderosa para la predicción de quiebra. De hecho, la mayor parte de los autores estiman que sus estudios son preliminares y que falta mayor desarrollo de la técnica y la teoría. Aún queda mucho campo abierto en la utilización de redes neuronales para problemas de clasificación, específicamente, falta mayor experimentación con respecto a la proporción de firmas quebrada y no quebradas al usar en la muestra, en la distribución de los datos en la fase de aprendizaje y la fase de prueba, en las variables a escoger y, por último, en la arquitectura de la red neuronal.

## VII. MODELOS BASADOS EN BLACK-SCHOLES-MERTON Y LA VALORACIÓN DE OPCIONES:

### VII.1. Nociones Generales del modelo:

Desde el trabajo de Beaver (1966, 1968) y Altman (1968), académicos en el campo de las finanzas y la contabilidad han estudiado activamente la predicción de quiebra. Con pocas excepciones, dicha literatura ha usado variables 'predictivas' sacadas de la información contable (Balances y Estado de Resultado), para la predicción de las dificultades financieras y la quiebra. Estudios más recientes han usado 'proxies' de la probabilidad de quiebra (PQ) como variables independientes y no como variables dependientes. Estos estudios frecuentemente ocupan proxies de 'PB' sacados de la literatura anterior y, de esta manera, también están basando sus estudios en variables derivadas de la información contable. Muchos de éstos han usado el método de Análisis Multivariado (MDA) combinando con él varias variables contables al mismo tiempo; los ejemplos más populares son Altman (1968) *Z-Score* y el *O-Score* derivado por Ohlson (1980). En el estudio realizado por S. Hillegeist<sup>34</sup> et. al. (2003) se evalúa el desempeño de estos modelos con respecto a su capacidad para explicar la variación real de la probabilidad de quiebra, El aporte más importante de éste es la comparación de dichos modelos clásicos con uno basado en el mercado derivado del modelo de valuación de opciones de Black-Scholes-Merton (BSM).

Existen varias razones para cuestionar la eficiencia de las medidas de PQ que se basan en datos contables: mientras la probabilidad de quiebra intenta

---

<sup>34</sup> Hillegeist, Keating, Cram & Lundstedt "Assessing The Probability of Bankruptcy" November 2003, forthcoming, Review of Accounting Studies



predecir la salud futura de la empresa, los datos contables están diseñados para describir el desempeño pasado de la empresa, lo que no necesariamente implica cuál será la posición de la compañía en el futuro. Los estados financieros parten del supuesto de la empresa a perpetuidad, es decir, no se construyen pensando en que la empresa pueda quebrar, de esta manera, se podría decir que la capacidad para estimar de manera confiable y exacta la probabilidad de quiebra está limitada por su construcción.

Otro factor a considerar es que el principio 'conservador' de los estados financieros que hace que el valor de los activos estén sub-evaluados por debajo de su valor de mercado, particularmente, cuando se piensa en activos intangibles y activos fijos. Dicho sesgo negativo para el valor de los activos tenderá a sobre dimensionar las medidas de apalancamiento 'contable' mostradas por la empresa y hará que ésta sea menos comparable con otras compañías. En consecuencia, cualquier modelo basado en medidas contables para las estimación de la PQ tendrá un desempeño limitado.

Otra importante deficiencia de los modelos de predicción de quiebra, basados en información contable, es su incapacidad de tomar en cuenta la volatilidad de los activos. La volatilidad es crucial para la predicción de la quiebra, ya que captura la posibilidad de que el valor de los activos baje lo suficiente como para que la empresa sea incapaz de cubrir sus deudas. Manteniendo todo lo demás constante, un aumento en la volatilidad incrementa la probabilidad de quiebra. Por ejemplo, dos firmas con igual ratio de apalancamiento e igual tamaño tendrán grandes diferencias en probabilidad de quiebra dependiendo de la volatilidad de sus activos, por lo tanto, la volatilidad es una importante variable omitida en los modelos de Altman (1968) y Ohlson (1980).

El mercado accionario entrega una fuente de información alternativa y potencialmente más poderosa con respecto a la probabilidad de quiebra, ya que podríamos suponer que incorpora toda la información disponible, incluyendo los estados financieros de las empresas. Mientras el potencial de la información de mercado con respecto a la predicción de quiebra es ampliamente reconocida, no se había definido una metodología que permitiera extraer esta información e incorporarla efectivamente a un modelo de predicción de quiebra. En la década de los 90 se empieza a discutir una derivación del modelo de valuación de opciones como un acercamiento coherente a la incorporación de la información de mercado a la predicción de PQ. Basándose en el modelo propuesto por Black y Scholes<sup>35</sup> (1973) y Merton<sup>36</sup> (1974) 'BSM', las acciones de la empresa pueden ser vistas como una opción 'Call' sobre el valor de los activos de la firma, cuando el valor de los activos está por debajo del valor de la deuda (en este caso: *precio de ejercicio* "face value"), la opción Call no se cobra y la firma quebrada es entregada a los acreedores.

En el estudio de Hillegeist et. al.(2003), se realiza una estimación empírica de el modelo BSM y se refieren a ella como "BSM-Prob" o "Probabilidad de quiebra Black-Scholes-Merton". Las variables primarias usadas en su estimación BSM-Prob son: el valor de mercado de las acciones, la desviación estándar de la rentabilidad de las acciones y el total de pasivos.

El modelo privado de Moody's también ocupa un esquema similar para la determinación de la probabilidad de quiebra, incorporando a su modelo una medida que llama "distancia de la quiebra", esto no es más que el número de desviaciones estándares que separan la media del valor de mercado de los activos, respecto del 'precio de ejercicio' de la 'opción Call'. En el modelo de

---

<sup>35</sup> Black, F., and M. Scholes (1973): "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," Journal of Political Economy, 7, 637-654.

<sup>36</sup> Merton, R. (1974): "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates," Journal of Finance, 29, 449-470.

Moody's se define el riesgo de quiebra como: la incertidumbre que está alrededor de la capacidad de la firma para cubrir sus deudas y obligaciones. Se postula que no existe una forma de discriminar inequívocamente entre las firmas que quebrarán y aquellas que no; en el mejor de los casos, se puede realizar un análisis probabilístico de la verosimilitud de quiebra. Mas allá de el uso del modelo de BSM de valuación de acciones, los estudios de Moody's suponen que el diferencial que las firmas pagan por sobre la tasa de interés libre de riesgo, es proporcional a su probabilidad de quiebra, es decir, el diferencial (o 'spread') compensa a los acreedores por la incertidumbre que asumen.

La mayor ventaja de usar el modelo de valuación de opciones en la predicción de la quiebra es que proporciona una guía teórica de los determinantes del riesgo de quiebra y, al mismo tiempo, ofrece la estructura necesaria para extraer la información relacionada con a la quiebra y con los precios de mercado. Estos beneficios implícitamente conllevan el costo asociado a los supuestos simplificadores del modelo, donde algunos de estos supuestos no se aplican a la realidad. Es necesario analizar los efectos de la ruptura de éstos sobre el desempeño del modelo de predicción, ya que los supuestos podrían inducir a errores y sesgos en la estimación de la PQ. Otro importante problema que podría tener esta estimación (BSM-Prob), es la eventualidad de que los precios de mercado de las acciones no incluyan eficientemente toda la información pública referente a la PQ que está disponible, en particular, podría ser que los precios de mercado no reflejen precisamente la información de los estados financieros. Por lo tanto, determinar si un modelo basado en la valuación de opciones o un modelo basado en información contable es mejor para determinar que la probabilidad de quiebra, termina siendo una pregunta empírica.

En el trabajo de Hillegeist.(2003) se compara empíricamente la efectividad de BSM-Prob contra cuatro modelos basados en información financiera. Z-Score y O-Score usando los coeficientes originales y Z"-Score y O"-Score usando coeficientes actualizados. Utilizaron un método comparativo de efectividad que les permitió testear si dichas diferencias eran estadísticamente significativas. El resultado de su análisis fue que la BSM-Prob contiene significativamente más información sobre la probabilidad de quiebra (a un nivel de confianza de 1%) que cualquier otro estudio basado en información contable. Además, una comparación del pseudo-R<sup>2</sup> de los modelos, muestra que BSM-Prob tiene una mayor calidad de ajuste que los otros modelos (pseudo-R<sup>2</sup>, porque esta medida econométrica no es estrictamente aplicable a modelos de análisis discriminante). Los autores estiman que sus resultados son robustos frente a varias descomposiciones de los modelos '*contables*' diseñadas para mejorar el poder explicativo de estos. En general, sus resultados implican y determinan que los estudios que ocupan información contable podrían no tener suficiente poder estadístico como para entregar resultados confiables.

Como se dijo anteriormente, la volatilidad de los activos es un importante determinante de la probabilidad de quiebra y es el componente clave del modelo BSM-Prob; más aun, la ausencia de cualquier medida de volatilidad en los modelos que usan información contable reduce, según los autores, sustancialmente el desempeño de estos. Adicionalmente a la volatilidad de los activos, el segundo componente esencial de BSM-Prob es el ratio de endeudamiento o apalancamiento de mercado ("market-based leverage ratio). Pese a que el modelo de Altman(1968) incluye una variable similar de apalancamiento, comparativamente, el Z-Score y el Z-Score" tienen un desempeño pobre. Las observaciones de los autores avalan la teoría de que el componente de volatilidad de los activos -incluido en el modelo BSM- es responsable del los mejores resultados predictivos.

Otro factor que hay que tomar en cuenta cuando se comparan los modelos basados en información contable y los basados en la teoría de valoración de opciones es el respaldo teórico con el que cuentan estos últimos modelos. La teoría financiera detrás del modelo BSM entrega a los investigadores un amplio margen de flexibilidad en el diseño de sus estudios; podemos comparar esta flexibilidad con el Modelo de Redes Neuronales Artificiales para predicción de quiebra, el cual es muy rígido porque se construye de manera puramente empírica. La flexibilidad de BSM-Prob se sustenta en que la probabilidad de quiebra se computa independientemente para cualquier Sociedad Abierta, usando una ecuación de derivación teórica. En contraste, para los modelos basados en información contable la PQ es estimada usando coeficientes relacionados con las características específicas de la muestra escogida (ejemplo: muestra de aprendizaje). Esta situación, limita la generalidad de los modelos y su extrapolación a nuevas muestras se vuelve dudosa. De hecho, de la discusión de los modelos de redes neuronales del capítulo anterior se citará una de las conclusiones: *“...la capacidad predictiva de los modelos varía a través del tiempo, por lo que se hace necesario no sólo recalcular los coeficientes período a período, sino también reconstruir el modelo en sí, por lo que no existiría un único modelo explicativo”* Esto mismo ocurre respecto de los modelos de Altman, se podría decir entonces, que los últimos desarrollos de la técnica de MDA (ZETA®), se plasman en un modelo mas robusto y general, pero esto es difícil de sustentan ya que ZETA® es un modelo privado y sus coeficientes no están publicados.

## **VII.2. BSM y la Probabilidad de Quiebra (*BSM-Prob*)**

Una importante observación de Merton (1974) es que las acciones pueden ser vistas como una opción Call sobre el valor de los activos de la firma. Los tenedores de acciones tienen derechos sobre los activos de la firma pero sólo

tienen responsabilidad limitada, hasta el monto de su aporte, cuando la empresa es declarada en quiebra, de esta manera el esquema de pagos se asemeja a los pagos de una opción Call. Bajo el esquema BSM, el precio de ejercicio (strike price) de la opción Call sería igual al valor exigible de los pasivos de la firma y la opción expira en el tiempo T, cuando vence la deuda<sup>37</sup>. En el periodo T, los tenedores de acciones ejercerán su opción y pagaran a los acreedores si el valor de los activos es mayor que el valor exigible de la deuda, de otra manera, los tenedores dejarán que la opción venza, cuando el valor de los activos no sea suficiente para cubrir completamente con las obligaciones de la empresa; en este caso, la empresa pide la quiebra y se asume que el dominio de ésta es traspasado sin costo a los acreedores, mientras que la ganancia de los tenedores de acciones es cero. La probabilidad de cada resultado es un importante determinante del valor de la opción Call, y estas probabilidades forman parte integral del modelo BSM.

La ecuación evaluar las acciones como una opción Call Europea es la que está enunciada más abajo (1). Esta ecuación incorpora una modificación referente a los dividendos. Los dividendos pagados por la empresa se devengan a los tenedores de acciones (incrementan su riqueza).

$$V_E = V_A e^{-\delta T} N(d_1) - X e^{-rT} N(d_2) + (1 - e^{-\delta T}) V_A \quad (1)$$

donde  $N(d_1)$  y  $N(d_2)$  son la acumulada Normal Estándar de  $d_1$  y  $d_2$ , respectivamente, y

$$d_1 = \frac{\ln \left[ \frac{V_A}{X} \right] + \left( r - \delta + \frac{\sigma_A^2}{2} \right) T}{\sigma_A \sqrt{T}} \quad (2)$$

---

<sup>37</sup> La quiebra puede ocurrir en el periodo T por que BSM supone que la firma se endeuda sólo mediante Bonos con cero cupones. Otros estudios han incorporado supuestos más realistas, como el modelo privado de Moody's/K.M.V (2003)

y

$$d_2 = d_1 - \sigma_A \sqrt{t} = \frac{\ln \left[ \frac{V_A}{X} \right] + \left( r - \delta - \frac{\sigma_A^2}{2} \right) T}{\sigma_A \sqrt{T}} \quad (3)$$

$V_E$  es el valor de mercado corriente de las acciones (equity);  $V_A$  es el valor de mercado corriente de los activos;  $X$  es valor exigible de la deuda que vence en el periodo  $T$ ;  $r$  es la tasa libre de riesgo;  $\delta$  es la tasa de dividendo expresada en términos de  $V_A$ , y  $\sigma_A$  es la desviación estándar de la rentabilidad de los activos.

La tasa de dividendo,  $\delta$ , aparece dos veces en la ecuación (1). El término  $V_A e^{-\delta T}$  representa cómo el valor de los activos en el tiempo  $T$  disminuye en la medida de los dividendos entregados, hasta el período  $T$ . La adición del término  $(1 - e^{-\delta T})V_A$  es requerida por que son los accionistas quienes reciben el pago. Este término es igual a cero cuando  $\delta = 0$ . El factor,  $\delta$ , no aparece en la fórmula clásica para la valoración de una opción Call que paga dividendos, ya que estos últimos no se pagan a los tenedores de la opción.

Para el modelo de BSM, la probabilidad de quiebra es, simplemente, la probabilidad de que el valor de mercado de los activos,  $V_A$ , sea menor que el valor exigible de la deuda,  $X$ , en el momento  $T$ , es decir:  $V_A(T) < X$ . El modelo BSM asume que el logaritmo del valor futuro de los activos se distribuye normalmente, de la manera mostrada más abajo, donde  $\mu$  es el retorno esperado de los activos:

$$\ln V_A(t) \sim N \left[ \ln V_A + \left( \mu - \delta - \frac{\sigma_A^2}{2} \right) t, \sigma_A^2 t \right] \quad (4)$$

y la probabilidad de que  $V_A(T) < X$  es la siguiente:

$$N\left(-\frac{\ln \frac{V_A}{X} + (\mu - \delta - \frac{\sigma_A^2}{2})T}{\sigma_A \sqrt{T}}\right) = BSM-Prob \quad (5)$$

La ecuación (5) muestra que la probabilidad de quiebra es una función de la distancia entre el valor corriente de los activos de la firma y el valor exigible de sus obligaciones ( $V_A/X$ ), ajustado por el crecimiento esperado del valor de los activos ( $\mu - \delta - \frac{\sigma_A^2}{2}$ ) relativo a la volatilidad de éstos ( $\sigma_A$ ). Los autores<sup>38</sup> hacen notar que el valor de la opción Call de la ecuación (1) no está en función de  $\mu$ . La ecuación (1) es derivada bajo el supuesto de neutralidad al riesgo, donde se espera que todos los activos crezcan a la tasa libre de riesgo y, de esta manera, sólo se introduce esa tasa en la ecuación. Sin embargo, la probabilidad de quiebra depende de la efectiva distribución del valor futuro de los activos que, a su vez, es función de  $\mu$ .

Para estimar empíricamente BSM-Prob desde la ecuación (5), se deben estimar: el valor de mercado de los activos,  $V_A$ , volatilidad de los activos,  $\sigma_A$ , y el retorno esperado de los activos,  $\mu$ , estos valores no son directamente observables. El método usado por los autores (descrito más abajo) fue: primero se estima simultáneamente  $V_A$  y  $\sigma_A$ , y después se ocupan estos valores para estimar  $\mu$ . Una vez que estos pasos son completados, se usó la ecuación (5) para calcular la probabilidad de quiebra según el modelo BSM.

---

<sup>38</sup> Hillegeist et. al. (2003)



En el primer paso, se estiman los valores de  $V_A$  y  $\sigma_A$  simultáneamente, resolviendo la ecuación de la Call (1) y la de compensación (hedge)  $\left[ \sigma_E = \frac{V_A e^{-\delta T} N(d_1) \sigma_A}{V_E} \right]$ .  $V_E$  es igualado al total del valor de mercado de las acciones, evaluadas al precio de cierre al final del año fiscal de la empresa.  $\sigma_E$  es calculado usando la rentabilidad diaria de las acciones durante un año fiscal completo. El precio de ejercicio  $X$  es igualado al total del valor libro del pasivo exigible de las empresas.  $T$  puede ser un año y  $r$  es la tasa a un año de los Bonos Soberanos. La tasa de dividendo,  $\delta$ , es la suma de los dividendos comunes y preferentes entregados durante el año, dividida por el valor de mercado aproximado de los activos (este último definido como: el total de las obligaciones mas el valor de mercado de las acciones). Los autores usaron un programa computacional (SAS) para resolver las ecuaciones, este programa usa el algoritmo iterativo de Newton y entrega las soluciones cuando el proceso converge a valores que resuelven simultáneamente ambas ecuaciones.

En el segundo paso, se estima la rentabilidad de mercado esperada de los activos,  $\mu$ , basándose en la rentabilidad efectiva del año anterior. Este proceso se deriva de la estimación de  $V_A$  que fueron calculadas en el paso anterior. En muchos casos, el retorno efectivo sobre los activos es negativo. Como los retornos esperados no pueden ser negativos, los autores establecieron que, en estos casos, la tasa de crecimiento sería igual a la tasa de interés libre de riesgo. De esta manera,  $\mu(t)$  se calcula de la siguiente manera:

$$\mu(t) = \max \left[ \frac{V_A(t) + Dividends - V_A(t-1)}{V_A(t-1)}, r \right] \quad (6)$$

donde *Dividendos* es la suma de los dividendos comunes y preferentes declarados durante el año.

Finalmente, se usa los valores de  $V_A$ ,  $\sigma_A$ ,  $\mu$ ,  $\delta$ ,  $T$ , junto con  $X$ , para calcular BSM-Prob para cada una de las firmas usando (5).

Se puede decir que el modelo de predicción de quiebra -postulado por los autores- tiene supuestos muy fuertes, algunos que se heredan del modelo de Black & Scholes y, otros, que vienen del criterio de los autores frente a las limitaciones de la información disponible. Sin embargo, la teoría ofrece una gran flexibilidad para las posibles extensiones del modelo base, lo que permite que otros investigadores relajen supuestos o calculen variables de maneras alternativas.

Partiendo de la potencia predictiva del modelo, descrita por los mismos autores, un investigador que desarrolle una implementación alternativa de BSM, debiera determinar si los costos de complicar el esquema, se compensan con resultados predictivos más poderosos.

### **VII.3. Modelos privados de estimación Probabilidad de Quiebra (EDF™)**

Varias empresas categorizadoras de riesgo ofrecen probabilidades de quiebra basadas en el método de valoración de opciones, entre ellos está Moody's KMV<sup>39</sup> que con el modelo de KV (Vasicek-Kealhofer) ofrece una medida de probabilidad de quiebra denominada EDF™ (Expected Default Frequency). Mientras los esquemas básicos son los mismos (BSM), las implementaciones difieren en aspectos importantes: MKMV basa su medida "EDF™" en una extensión del modelo de Black & Scholes que, entre otras cosas, permite una estructura de capital más compleja. Además, definen el precio de ejercicio  $X$  como la suma de la deuda de corto plazo más  $\frac{1}{2}$  de las

---

<sup>39</sup> Crosbie, Peter & Bohn, Jeff "Modeling Default Risk" Moody's KMV December 18, 2003. Modeling Methodology.

obligaciones de largo plazo, ya que suponen que las empresas no necesariamente quiebran cuando el total de obligaciones iguala al valor de los activos, pues tienen la posibilidad de pagar sus deudas de corto plazo y negociar las obligaciones de largo plazo. En vez de usar la distribución normal, las EDFs son calculadas usando una distribución empírica de quiebras, ésta se construye a partir de una gran base de datos *privada*. Los métodos que se ocupan para calcular  $V_A$ ,  $\sigma_A$ ,  $\mu$ . también son de propiedad privada y, por lo tanto, no publicados.

Pese a todos los pasos del proceso de estimación de la probabilidad de quiebra que son privados y por lo tanto, no disponibles para el análisis externo; es posible discutir en términos generales las metodologías aplicadas por estas empresas categorizadoras de riesgo.

### VII.3.1 Riesgo de quiebra según Moody's:

Para el análisis realizado por Moody's KMV existen tres elementos centrales para determinar la probabilidad de quiebra de una empresa.

- Primero, el **valor de los activos**, es decir, el valor de mercado de los activos de la empresa. En estricto rigor, la forma en que se calcula esta variable no corresponde al valor contable de los activos, sino que a una estimación del flujo de caja que producen los activos traídos a valor presente con la tasa de descuento relevante.

- Segundo, **riesgo de los activos**, ya que el valor de los activos es una estimación y, por lo tanto, incierto. Hay que tomar en cuenta la variabilidad, analizando éste valor en el contexto del riesgo del negocio.

- Tercero, **endeudamiento** o la extensión de las obligaciones contratadas por la empresa. Para esta variable, se toma en cuenta el valor libro de la deuda, ya que esa es la cantidad que debe pagar la empresa.

Al usar las medidas descritas en el párrafo anterior, se puede entender cómo se construye la probabilidad de quiebra para este estudio; en efecto, si el valor de mercado de los activos varía lo suficiente como para que los flujos sean insuficientes para cubrir las deudas contraídas por la empresa, entonces, ésta caerá en quiebra por falta de liquidez.

En los estudios realizados por la empresa Moody's sobre la quiebra, ellos han constatado que la mayoría de las firmas no quiebra exactamente en el momento en que el valor de mercado de sus activos iguala el valor de sus obligaciones, sino que, si bien algunas firmas sí quiebran en este punto, la mayoría no lo hace y sigue pagando sus obligaciones corrientes. La naturaleza de largo plazo de parte de su deuda le da cierto rango de respiro para seguir trabajando. Los autores han encontrado que el **punto de quiebra** (o precio de ejercicio de la opción Call) se da cuando el valor de los activos se encuentra en algún punto entre las obligaciones corrientes (corto plazo) y el total de pasivos. Podemos decir, entonces, que el valor neto de la firma será la diferencia entre el valor de mercado de los activos y el punto de quiebra. La empresa quiebra cuando su *valor neto* es cero.

$(\text{Valor de mercado de los activos}) - (\text{Punto de quiebra}) = \text{Valor neto} \Rightarrow 0 \Rightarrow \text{Quiebra}$

El esquema anterior debe ser mirado tomando en cuenta la industria a la cual pertenece la empresa, ya que la variabilidad del valor de mercado de los activos esta muy relacionada con ello, en efecto, una empresa del área tecnológica debería tener un nivel de endeudamiento mucho menor que una empresa manufacturera, esto porque la varianza de los activos de la primera es mucho mayor que la de la segunda.

En esencia Moody's mide el riesgo de los activos como la volatilidad de éstos, esto es, la desviación estándar del cambio porcentual anual del valor de los activos. Por ejemplo: según Moody's el riesgo asociado al negocio de Anheuser-Busch es 21%, lo que significa que una desviación estándar de variación en el valor de sus activos implicaría una disminución -o aumento- de US\$ 9 billones, de un valor total de 44.1 billones; mientras que, un movimiento de una desviación estándar en el valor de los activos de Compaq Computers traería una variación de +- US\$ 16.5 bn de un total de US\$ 42.3 bn. De esta manera, la probabilidad de quiebra estaría relacionada con la varianza de los activos. A continuación se muestra una tabla con la información de la dos compañías del ejemplo:

<b>Tabla 4:</b> Valor de m° de los Activos & Punto de Quiebra	<b>Anheuser-Busch</b>	<b>Compaq Computers</b>
Valor de m° de los Activos	44.1	42.3
Punto de Quiebra	5.3	12.2
Valor de m° Neto	38.8	30.1
Volatilidad de los activos	21%	39%
Probabilidad de quiebra (anual)	0.03%	1.97%

Fuente: Moody's Valores en US\$billone

Como cabria esperar, la volatilidad de los activos está relacionada con la industria y con el tamaño de la firma. Dicha volatilidad está relacionada, pero no es igual a la volatilidad de las acciones, el nivel de endeudamiento tiene el efecto de incrementar la volatilidad de los activos, de esta manera, una industria con baja volatilidad de los mismos tiende a tener empresas con alto nivel de endeudamiento, mientras que empresas que pertenecen a un sector de alta volatilidad tenderán a endeudarse menos.

La categorizadora de riesgo combina estos tres elementos, en una medida de riesgo de quiebra que compara el valor neto de mercado al tamaño de un

movimiento de una desviación estándar en el valor de los activos. Esta medida es denominada Distancia a la quiebra DQ (o Distance to Default). Por ejemplo, en Abril del 2001, Anheuser-Busch estaba aproximadamente a 4.2 desviaciones estándar de la quiebra, mientras que Compaq se encontraba a solo 1.8, es decir si el valor de los activos hubiera disminuido en 1.8 desviaciones estándar la quiebra hubiera sido muy probable.

La probabilidad de quiebra puede ser calculada directamente a partir de la distancia a la quiebra, si es que la distribución de probabilidad de los activos es conocida.

### **VII.3.2. Probabilidad de quiebra según Moody's**

Existen tres tipos básicos de información disponible y relevante a la probabilidad de quiebra de empresa que cotizan en bolsa: los estados financieros, los precios de mercado de las acciones y de la deuda y, finalmente, los análisis subjetivos del futuro y riesgo de la empresa. Ya que los precios de mercado son el resultado de las perspectivas que tienen los inversionistas sobre el futuro de la empresa, se puede suponer que éstos engloban la información contenida, tanto en los estados financieros, como en los análisis subjetivos. Ahora bien, sin suponer –necesariamente- un mercado con perfecta información, Moody's postula que es muy difícil mejorar la información contenida en los precios de mercado y, por lo tanto, cuando éstos estén disponibles los utiliza para calcular el riesgo de quiebra.

Oldrich Vasicek y Stephen Kealhofer han extendido el esquema de BSM para generar un modelo de probabilidad de quiebra conocido como VK (Vasicek- Kealhofer). Éste asume que las acciones de la empresa son como una opción perpetua con un esquema similar al visto para BSM-Prob. Múltiples

tipos de obligaciones son modeladas: deuda de corto plazo, largo plazo, deuda convertible, acciones preferentes y acciones comunes. Cuando el valor de los activos se vuelve muy alto, se supone que las obligaciones convertibles se convierten diluyendo el capital, además, se toma en cuenta el efecto del pago de dividendos. Luego, una base de datos de quiebras es usado para derivar una distribución empírica, relacionando la distancia a la quiebra con la probabilidad de quiebra.

Para la determinación de la probabilidad de quiebra de las empresas se sigue un procedimiento de tres pasos, que se describirá a continuación:

- 1) Estimar el valor y la volatilidad de los activos: para esto se ocupa el valor y volatilidad de las acciones y el valor libro de las obligaciones.
- 2) Calcular la DQ (distancia a la quiebra): se calcula a partir de las estimaciones del paso anterior.
- 3) Calcular la probabilidad de quiebra: se calcula a partir de la DQ y una tasa de quiebra asociada al nivel determinado de DQ (usando la distribución empírica).

#### **VII.3.2.1. Estimar el valor y la volatilidad de los activos:**

Si el precio de mercado está disponible, el valor de mercado de los activos y la volatilidad de éstos se pueden calcular directamente usando el modelo de valuación de opciones (usando el esquema para una Call). Las características particulares del modelo VK no están disponibles para el público, por lo que una descripción muy detallada es imposible, empero, se puede intuir que se resuelven dos ecuaciones simultáneamente, de la misma forma que para BSM-Prob, incluyendo una estructura de capital más complicada y supuestos más cercanos a las situaciones de la vida real. Por ejemplo, se deben tomar en cuenta: las múltiples formas contractuales de la deuda (largo y corto plazo, instrumentos convertibles, etc), también la naturaleza perpetua de las acciones

y el valor del dinero en el tiempo. Luego, en la práctica, las ecuaciones simultáneas deberán tener la siguiente forma:

(Valor Acciones) = Fórmula opciones ([Valor Activos], [Volatilidad Activos], [Estructura de capital], [Tasa interés])

(Volatilidad Acciones) = Fórmula opciones ([Valor activos], [Volatilidad activos], [Estructura de capital], [Tasa interés])

El valor y la volatilidad de los activos son los únicos valores por lo que la ecuaciones debieran tener solución.

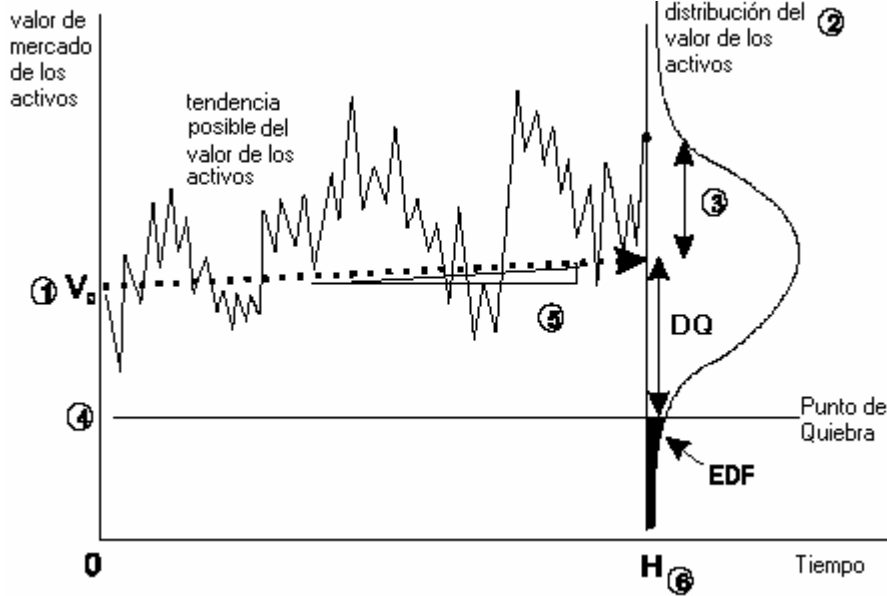
### **VII.3.2.2. Calcular la DQ (distancia de la quiebra):**

Existen según Moody's 6 variables necesarias para determinar la probabilidad de quiebra, las cuales se exponen en el siguiente gráfico (Graf 1). Donde:

1. es el valor corriente de los activos
2. es la distribución de los activos en el momento H
3. es la volatilidad futura del valor de los activos en el momento H
4. es el nivel del punto de quiebra, el valor libro de las obligaciones
5. es el nivel de crecimiento esperado del valor de los activos en el tiempo
6. es el tamaño del horizonte temporal analizado



**Graf 1:**



Las primeras cuatro variables son la críticas, puesto que el crecimiento esperado no tiene poder predictor con respecto a la probabilidad de quiebra y, el horizonte temporal, es fijado por el analista. Lo que se busca en este paso es lo que está marcado como DQ en el gráfico.

Si el valor de los activos cae por debajo del punto de quiebra, entonces la firma quiebra, de esta manera, la probabilidad de quiebra es la probabilidad de que el valor del activo caiga por debajo del punto de quiebra (el área que está sombreada en el grafico (EDF)). La fórmula usada por MKMV para calcular DQ es –en términos generales- la siguiente:

$$DQ = \frac{(\text{Valor de mercado de los activos}) - (\text{punto de quiebra})}{(\text{Valor de mercado de los activos}) * (\text{Volatilidad de los activos})}$$

Para las medidas de quiebra, la posibilidad de un gran cambio adverso en la relación entre el valor de mercado y el punto de quiebra es un punto crítico para una determinación acertada de la probabilidad de quiebra, estos cambios

pueden ser efecto de variaciones en el valor de los activos, como por cambios en el nivel de endeudamiento de la empresa. De hecho, estos dos factores pueden estar fuertemente correlacionados, en consecuencia, la medida DQ es calculada como una medida que toma en cuenta ambos factores. Como ya se dijo anteriormente, la DQ es medida como el número de desviaciones estándar que separan el valor de mercado de los activos de el punto de quiebra (determinado por la deuda) y, después, MKMV usa datos empíricos para determinar la correspondiente probabilidad de quiebra.

### **VII.3.2.3. Calcular la probabilidad de Quiebra:**

La base de datos que ocupa Moody's KMV para relacionar DQ con probabilidad de quiebra incluye más de 250.000 muestras de datos anuales de empresas y más de 4.700 incidentes de quiebra, de éstos se genera una tabla de frecuencias que relaciona DQ con la posibilidad de bancarrota. La empresa categorizadora de riesgo ha estudiado la relación entre DQ y la frecuencia de quiebra para múltiples escenarios, entre los cuales podemos nombrar: industria, tamaño, tiempo, etc. Ellos han encontrado que la relación es constante a lo largo de todas estas variables, esto no quiere decir que no existan diferencias en las tasas de quiebra para los distintos escenarios, sino que dichas diferencias son capturadas por la medida DQ. Moody's está intentando extender su análisis a otros países y también está generando modelos que permitan determinar la probabilidad de quiebra de empresas que no cotizan en bolsa, los resultados han sido muy prometedores.

En la siguiente sección se describirán dos modelos diseñados para predecir la quiebra de sociedades cerradas.

## VII.4. Modelos de estimación Probabilidad de Quiebra para sociedades cerradas:

### VII.4.1. Inspección del modelo: “Private Firm Model” (PFM)

El modelo “Private Firm”<sup>40</sup> (PFM) está basado en el esquema funcional usado para compañías públicas de MKMV EDF; dado que las acciones y la deuda de las sociedades cerradas no se transan en bolsa, ciertas variables de PFM deben ser estimadas estadísticamente. Para ésta estimación PFM usa información pública de mercado –en particular el precio de acciones- de compañías **comparables** y la información financiera de la empresa analizada.

PPM utiliza los mismos pasos que son requeridos para la medida de probabilidad de quiebra EDF (Expected Default Frequency) de empresas públicas; las variables, *valor de mercado de los activos* y *volatilidad de los activos* son estimadas y, luego, combinadas con la estructura de deuda para lograr una medida única. Se supone que ésta es capaz de entregar información relevante sobre el valor de los activos, el riesgo del negocio y la tasa de endeudamiento, pero el uso de proxies hace dudar del poder predictivo real que tiene este modelo.

En resumen, dos de las tres variables más importantes del análisis corresponden a proxies. Los propietarios del modelo suponen que para las empresas que **no** cotizan en Bolsa, existen empresas que sí cotizan y que, al tener características contables y estructurales similares, tendrán comportamientos de quiebra iguales. Soy de la opinión de que las empresas

---

<sup>40</sup> Stein, Roger. Kocagil, Ahmet Bohn, Jeff & Akhavein, Jalal (*February 2003*) “Systematic And Idiosyncratic Risk In Middle-Market Default Prediction: A Study Of The Performance Of The RiskCalc™ And PFM™ Models” Moody’s Special Comments

abiertas y las cerradas tienen un manejo administrativo radicalmente distinto y que, por lo tanto, suponer que los comportamientos financieros serán similares (dado que tienen características contables y estructurales similares) en relación a la quiebra, carece de fundamento teórico. Para poder asegurar que el modelo es razonable sería conveniente examinar resultados empíricos; hasta el momento, estudios de éste tipo -sobre el poder predictivo de este modelo- no han sido concluyentes.

Pese a las críticas que se le pueden hacer al modelo, igualmente es relevante describir la forma en que se calculan las variables. Este modelo es igual al analizado en el capítulo sobre MKMV EDF, es decir, a partir de una distancia a la quiebra DQ -calculada mediante el modelo de valoración de opciones- se aplica una distribución empírica de frecuencia de quiebras para calcular la probabilidad de quiebra. La gran diferencia radica en la forma de calcular el valor de mercado y la variabilidad de los activos, ya que no existen precios de mercado para acciones de empresas que no cotizan en bolsa.

Como no se dispone de el precio de las acciones, este modelo estima el valor de mercado de los activos de las empresas cerradas usando como proxie la **media** del valor de mercado de los activos de empresas abiertas, que son de la misma región e industria y que tienen flujos de efectivo similares. Además, se hace un ajuste lineal dependiendo del signo del EBITDA de la empresa cerrada.

Para estimar la volatilidad de los activos para compañías cerradas, PFM ocupa un modelo econométrico no lineal, basado en empresas abiertas, que describe la relación entre cambios en el tamaño de los activos y cambios en la volatilidad de éstos, discriminando por industria, región y tamaño. La resultante volatilidad **media** es denominada “volatilidad modelada” y, supuestamente, captura las expectativas de volatilidad para una empresa promedio de una

industria determinada. La metodología PFM, luego, ajusta esta estimación de *volatilidad modelada* con respecto a características individuales de la empresa estudiada.

A continuación se toma la medida de endeudamiento de los estados financieros de la empresa y se calcula la DQ mediante la siguiente fórmula:

$$DQ = \frac{VMA - PQ}{VMA * VOLA}$$

donde,

**VMA:** es la estimación estadística del valor de mercado de los activos (en función de Ingresos, apalancamiento e información de mercado relacionada con la industria y la región).

**PQ:** es el punto de quiebra basado en las obligaciones exigibles de la empresa (en función de las obligaciones).

**VOLA:** es la estimación estadística de la volatilidad de los activos (en función de la rentabilidad, tamaño e información de mercado relacionada con la industria y la región).

#### **VII.4.2. Inspección del modelo: “RiskCalc”, para sociedades cerradas.**

Los Modelos RiskCalc<sup>41</sup> están contruidos a partir de esquemas econométricos que usan datos financieros empíricos de empresas cerradas. Una de las características de RiskCalc es que toma en cuenta las diferencias en factores de riesgo e idiosincrasia que existen entre distintos países y regiones, mediante el desarrollo de modelos específicos para cada país o región geográfica donde es implantado, aún cuando las líneas generales de los modelos son las mismas, los factores específicos cambian. Al usar el esquema RiskCalc, se pueden asumir las diferencias existentes en relación a impuestos y regulaciones, así como las diferencias en idiosincrasia administrativa. Hasta Febrero del 2003, ya se habían desarrollado 18 modelos para sectores económicos específicos, los que abarcan todo EEUU (incluido un modelo específico para la banca), Europa y Asia. No se ha implementado el modelo para países Sudamericanos, lo que presenta una clara oportunidad de desarrollo para académicos locales.

Usualmente, la fuente de información usada para la estimación de estos modelos es la “Moody’s Credit Research Database” (CRD), la cual es un repositorio muy extenso de datos financieros y de quiebra de empresas cerradas. Cuando esta información no está disponible para el sector a analizar, se recurre a las bases de datos de instituciones financieras locales y/o a otras fuentes.

Para lograr una Probabilidad de quiebra exacta, los creadores del modelo generaron un procedimiento econométrico no lineal y no paramétrico para relacionar la información financiera y la probabilidad de quiebra para un período de tiempo determinado, es decir, el modelo intenta capturar una relación causal

---

<sup>41</sup> Fuente: “Systematic And Idiosyncratic Risk In Middle-Market Default Prediction: A Study Of The Performance Of The RiskCalc™ And PFM™ Models”

entre los estados financieros y la solvencia futura de la empresa. Para construir la predicción de PD final, se parte de una relación univariada no lineal entre algún ratio financiero y una frecuencia de quiebra empírica, luego, la PD *local* va ponderando y relacionando con otros PD locales para construir una función multivariada, la cual es contrastada con una distribución de probabilidad general y, finalmente, se llega a una probabilidad de quiebra formal para la empresa.

Lamentablemente la formula precisa del modelo no está disponible para el público general, pero en términos generales es descrita de la siguiente manera:

$$PD = g(w_1PD_1(f_1) + w_2PD_2(f_2) + w_3PD_3(f_3) + \dots + w_kPD_k(f_k))$$

donde, los factores, ***fi***, son variables de recogidas de los estados financieros (medidas de rentabilidad, liquidez, tamaño, apalancamiento, crecimiento, etc) y los ponderadores, ***Wi***, son determinados por procesos econométricos. Los ***PD<sub>i</sub>***, son probabilidades obtenidas para el factor i-ésimo y la función, ***g***, es generada a partir de relaciones empíricas entre grupos de variables y la quiebra. En resumen, el modelo se puede describir como un promedio ponderado entre las tasas de quiebra asociadas a factores financieros.

Hay tres pasos para estimar el modelo RiskCalc:

1. **Seleccionar y transformar los factores.** Un gran número de ratios financieros son evaluados. Un grupo de los más útiles son transformados desde su distribución empírica a una probabilidad univariada de quiebra, usando técnicas de estimación de densidad y la extensa base de datos sobre empresas cerradas. Los ratios transformados son más uniformes y predictivos que los originales, cada uno representa una predicción de quiebra basado en un solo factor.

2. **Optimizar la ponderación de los factores para producir un puntaje de riesgo.** Los factores transformados (PDs univariados) son ponderados estadísticamente para producir una probabilidad de quiebra teórica.
3. **Calibrar el puntaje de riesgo a una PD empírica.** La probabilidad teórica (puntaje) se convierte a una PD final mediante una correspondencia entre el puntaje y la población histórica de quiebras de la base de datos.

#### **VII.4.2.1. Selección de variables (RiskCalc)**

Los ratios incluidos son similares a los descritos en secciones anteriores de este seminario, extraídos del Balance y Estado Resultado, relacionados con: rentabilidad, apalancamiento, cobertura de deuda, tamaño de la empresa, liquidez, actividad y crecimiento. Durante el período de desarrollo los investigadores, secuencialmente, suman ratios al análisis y comprueban si éstos aumentan la significancia estadística del modelo, mediante la revisión del comportamiento multivariado de las variables. Este proceso puede ser descrito como una selección de variables por pasos, en la cual se escogen los ratios por su poder predictivo univariado y, mediante el cual, se valida su desempeño en un contexto multivariado.

#### **VII.4.2.2. Transformación (RiskCalc)**

En vez de imponer una transformación específica sobre las variables, RiskCalc asume un esquema no paramétrico; una estimación de esta naturaleza es una recolección de técnicas para la estimación de una curva



cuando no existe un conocimiento *a priori* de la forma que ésta tendrá. Con esta metodología se forman los factores ***PDi( fi)***, descritos anteriormente.

#### **VII.4.2.3. Modelación (RiskCalc)**

El siguiente paso es combinar todos los factores escogidos para producir un índice o puntaje de calidad crediticia. Para lograr esto, RiskCalc, ocupa algoritmos de optimización que llegan, finalmente, a un modelo de la forma probit/logit de ratios transformados. Intuitivamente, el modelo usa una combinación de modelos univariados –con las frecuencias de quiebra relacionada a cada ratio- dentro de un esquema lineal generalizado; en el cual, los ponderadores están basados en la importancia relativa de cada factor univariado.

#### **VII.4.2.4. Calibración (RiskCalc)**

El modelo, hasta la etapa anterior, entrega como resultado un puntaje que podría ser comparado, en términos generales, con el Z-Score de Altman o el O-Score de Ohlson; mediante el cual se ordenan las empresas según su salud financiera. El siguiente paso es relacionar dicho puntaje con las tasas de quiebra y la categorización de riesgo de Moody's, para tener como resultado una probabilidad de quiebra final. RiskCalc genera probabilidades de quiebra que son consistentes con la distribución empírica de la tasa de quiebras de empresas cerradas.

#### **VII.4.2.5. Validación (RiskCalc)<sup>42</sup>**

Un modelo de predicción necesita satisfacer condiciones estadísticas mucho más estrictas que un modelo econométrico diseñado sólo para explicar fenómenos económicos. En consecuencia, cada modelo RiskCalc estimado es probado mediante una rigurosa batería de exámenes: para corroborar la estabilidad de los parámetros; el desempeño por industria, región, tamaño de la muestra, año, etc; así como su poder predictivo para una muestra de validación (out-of-sample). Las pruebas, junto con la muestra de validación, aseguran que el modelo no sea demasiado específico a la muestra de estimación y que su poder predictivo sea estable una vez que el modelo esté terminado.

---

<sup>42</sup> Para mayor información sobre RiskCalc revisar: Dwyer, Kocagil & Stein (APRIL 5, 2004) “THE MOODY’S KMV EDF™ RISKCALC™ v3.1 MODEL”, en: [www.moodysqra.com](http://www.moodysqra.com)

## VII. CONCLUSIONES:

Este trabajo ha sido una acuciosa revisión de modelos de predicción de quiebra, mediante la cual se pueden apreciar las bondades y limitaciones de cada uno de los diseños. Todos los modelos tienen la misma motivación, pero la forma de atacar el problema es radicalmente distinta y los resultados obtenidos son también muy dispares.

Los modelos univariados son muy simples, pero carecen de generalidad. Por ejemplo, un análisis de varios ratios para una empresa puede entregar resultados contradictorios o podría ocurrir que un ratio siendo relevante para una industria, no lo sea para otra. La ventaja que nos ofrecen es la de entregar herramientas analíticas básicas para aquellos estudios que ocupan los estados financieros como principal fuente de información.

La extensión lógica son los modelos multivariados, tanto los basados en MDA (Altman), en logit / probit (Ohlson), como los establecidos con Redes Neuronales, que ocupan información financiera para generar sus predicciones de quiebra. La diferencia fundamental radica en el tratamiento que se les da a las variables y en la elección de las mismas. Por ejemplo, un RNA requiere de una muestra muy extensa, mientras que el modelo más simple de MDA se podría construir con una muestra de menos de cien datos. Todo depende del contexto en el cual se pretenda aplicar el modelo y el nivel de confiabilidad que se quiera alcanzar. Al final del día, asegurar cuál de los modelos explica mejor la relación entre las variables financieras y la verosimilitud de quiebra, solamente puede resolverse de manera empírica. Una de las críticas que se le hacen a este tipo de modelos es que éstos no se sustentan en una teoría económica o financiera, puesto que la relación entre las variables y el resultado

se construye mediante procedimientos empíricos. La respuesta que se da frente a esta crítica es que, a medida que los modelos se han ido modernizando, su efectividad predictiva es tal que podríamos afirmar su potencial adelanto respecto de la teoría para efectos de representación de la realidad (Por ejemplo: Altman con su modelo ZETA®, reporta un nivel de predicción de 90% un año antes de la quiebra). Otra crítica inevitable se halla en la naturaleza de la información contable: un modelo de predicción de quiebra intenta descifrar la salud financiera futura de la empresa y los datos contables son, por construcción, referentes al pasado.

La segunda categoría de modelos revisada corresponde a aquellos que ocupan la información del mercado accionario para la determinación de la probabilidad de quiebra, es decir, los basados en BSM para su valoración de opciones. Una de las principales diferencias de este esquema con los otros, es que los precios reflejan las expectativas que tiene el mercado sobre el futuro de la empresa y la varianza se puede interpretar como medida de riesgo. Gran parte de la teoría financiera se fundamenta en estos dos hechos, lo que entrega una fortaleza teórica muy grande a los modelos tratados. La empresa categorizadora de riesgo Moody's KMV ha enfocado sus esfuerzos en el desarrollo de esta línea de investigación y, gracias a su extensa base de datos, ha logrado resultados muy confiables, calculando la probabilidad de quiebra mediante el uso de distribuciones de probabilidad empírica. El mayor problema de este tipo de modelos se manifiesta en que requiere de un "benchmark" de mercado, lo que imposibilita su uso para empresas que no transan en bolsa. Una extensión del modelo 'BSM' para sociedades cerradas parece no ser suficientemente riguroso con los supuestos ocupados.

El modelo más moderno revisado en este seminario es el "RiskCalc" para sociedades cerradas, éste recoge elementos de todos los esquemas ya revisados, tanto de los que ocupan información financiera, como de los

derivados de BSM. Este patrón aún no es aplicable a Sudamérica, pero se espera que esté disponible cuando Moody's cuente con una base de datos lo suficientemente amplia como para desarrollar una extensión local.

Las características del mercado Chileno, a saber: su legislación, disponibilidad de datos y profundidad del mercado accionario, dificultan la implementación de los modelos de predicción de quiebra. Esta traba deja el campo abierto para la demostración empírica, ya que muy pocos modelos se han empleado a nivel local.

En términos legislativos Chile se caracteriza por dejar a la quiebra como última opción frente a las dificultades financieras, entregando al deudor alternativas como los convenios preventivos y los convenios solución. Cualquier estudio que pretenda tener aplicabilidad en el país debe tomar en cuenta estas consideraciones.

La digitalización de la información financiera de las empresas no es una práctica común en Chile y, a diferencia de otros países, tampoco existen bases de datos que relacionen la quiebra con la información contable, de hecho, encontrar los Balances y Estados Resultado de empresas quebradas es tremendamente difícil. En consecuencia, al implementar modelos con información incompleta o acomodaticia se corre el riesgo de sesgar los resultados y de sacar conclusiones no generalizables, por esto mismo es que la selección de las variables debe ser muy cuidadosa. Como recomendación personal, creo necesario advertir que lo primero que se debe hacer es ver con qué datos se cuenta para la realización del estudio y, luego, se escoja el modelo que mejor se ajuste a las características de éstos. Esta indicación se fundamenta en que ninguno de los modelos revisado tiene mal pronóstico cuando se aplica correctamente. Además, se debe tener en consideración el costo del estudio ya que, por ejemplo, una implementación privada de un

modelo como el RiskCalc sería prohibitiva, pero una implementación del BSM-Prob resulta ser bastante factible.

Por último, al considerar el tema de la profundidad del mercado accionario chileno, uno se da cuenta de que un modelo basado en el esquema BSM debe hacer ciertas consideraciones especiales, tales como:

- 1º) Los inversionistas institucionales como las AFPs pueden producir distorsiones en los precios, ya que sus estrategias de inversión están muy limitadas por el Estado y los volúmenes que transan son importantes.
- 2º) El mercado chileno no se ha caracterizado por un volumen de transacción muy amplio -en comparación con otros países- teniendo acciones que posiblemente no se transen muy seguido. Esto podría, eventualmente, provocar alteraciones en los resultados derivados de la varianza de los precios.
- 3º) Para finalizar con la investigación, debe considerarse el hecho de que el segmento de empresas que uno quisiera analizar no transan actualmente en la bolsa.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA:

- A Parisi, F. Parisi & J. L. Guerrero. "Evaluación de Modelos de Redes Neuronales de Predicción del Signo de la Variación del IPSA" [www.parisiyparisi.cl](http://www.parisiyparisi.cl) ; Working Paper.
- Altman E. "Financial Ratios, Discriminant Analysis and the Prediction of Corporate Bankruptcy," *Journal of Finance*, September 1968.
- Altman, E. I. "Predicting Railroad Bankruptcies in America." *Bell Journal of Economics and Management Science* (Spring 1973); pp 184-211.
- Altman, E. Haldeman, R y Narayanan, P. "ZETA Analysis: A New Model to Identify Bankruptcy Risk of Corporations", *Journal of Banking and Finance*, June 1977
- Altman, Marco y Barreto, 1994, "Corporate distress diagnosis: Comparison using linear discriminant analysis and neural networks (the Italian experience)", *Journal of Banking and Finance* 18, pp 505-529.
- Altman E. "Predicting Financial Distress of Companies: Revising the Z-Score and ZETA® Models", July 2000
- Beaver, W.H., "Financial Ratios as Predictors of Failure", *Empirical Research in Accounting*, Supplement to *Journal of Accounting Research* (1966), pp 71-111
- Black, F., and M. Scholes (1973): "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy*, 7, 637-654.
- Código Civil de la República de Chile
- Código de Comercio de la República de Chile.
- Crosbie, Peter & Bohn, Jeff "Modeling Default Risk" Moody's KMV December 18, 2003. Modeling Methodology
- Dwyer, Kocagil & Stein (APRIL 5, 2004) "THE MOODY'S KMV EDF™ RISKCALC™ v3.1 MODEL", en: [www.moodysqra.com](http://www.moodysqra.com)

- F.Parisi, Apuntes de finanzas CD1, Capítulo5 <http://www.parisiyparisi.cl/Cs/Cds/CD1/capitulos/capitulo5-2.htm>
- Foster, George. "Financial Statement Analysis" Capitulo 15. Prentice-Hall Inc, segunda ed 1986.
- Fuentes M., Patricio, Apuntes de la cátedra de Derecho Comercial III, "Introducción a la Quiebra", Facultad de Derecho, Universidad de Chile, 2004.
- Hillegeist, Keating, Cram & Lundstedt "Assessing The Probability of Bankruptcy" November 2003, forthcoming: Review of Accounting Studies
- Kivilouoto and Bergius, 1997, "Exploring corporate bankruptcy with two-level self organizing map", Decision technologies for financial engineering, Proceedings of the 3th International Congress on Neural Networks in the Capital Markets.
- Ley 18.046, ley de S.A.
- Ley 18.175, que modifica la ley de quiebras y fija su nuevo texto.
- Mardonez Arias, Carolina, "Aplicación de los modelos de predicción de quiebra al mercado chileno" Seminario de título, Universidad de Chile, Primavera 2004
- Martín del Brio and Serrano Cinca, 1993, "Self-organizing neural networks: the financial state of spanish companies", Neural Networks in the Capital Markets, edited by Apostol-Paul Refenes, pp 341-357
- Merton, R. (1974): "On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates," Journal of Finance, 29, 449-470.
- Meza Barros, Ramón. "Manual de Derecho Civil", De las obligaciones, 9ª edición, 1997, paginas 204 y ss.
- Odom M. D. & Sharda R. (1990). "A neural network model for bankruptcy prediction". *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks*, San Diego II, pp. 163-168.
- Ohlson, James (1980), "Financial Ratios and Probabilistic Prediction of Bankruptcy", Journal of Accounting Research, Spring 80, Vol. 18, Issue 1.
- Perez, Muriel. "Neural Network Applications in Bankruptcy Forecasting: A State of the Art", Université Jean Moulin Lyon. Working Paper.



- Poding, 1992, "Bankruptcy prediction: a comparison with discriminant analysis", en: *Neural Networks in the Capital Markets*, ed: Apostolos-Paul Refenes, pp311-323
- Puelma Accorsi, Alvaro, "Sociedades", Editorial Jurídica de Chile, tomos I y II, 2002.
- Prado Puga, Arturo, Apuntes de la cátedra de Derecho Comercial III, "La Quiebra", Facultad de Derecho, Universidad de Chile, 2003.
- Sandoval López, Ricardo, "Manual de Derecho Comercial", Editorial Jurídica de Chile, 2003.
- Stein, Roger. Kocagil, Ahmet Bohn, Jeff & Akhavein, Jalal (*February 2003*) "Systematic And Idiosyncratic Risk In Middle-Market Default Prediction: A Study Of The Performance Of The RiskCalc™ And PFM™ Models" Moody's Special Comments
- Raghupathi, Schkade y Raju, 1991, " A neural network approach to bankruptcy prediction" *Finance and investing*.
- Rahimian E., Singh S., Thammachote T. & Virmani R. (1993). "Bankruptcy prediction by neural network". R. R. Trippi & E. Turban (eds.): *Neural networks in finance and investing*. Probus Publishing, pp. 159-171
- Wilson, R. L. & Sharda R. (1994). "Bankruptcy prediction using neural networks". *Decision Support Systems*, 11(5), June, pp. 545-557.
- Wong, Bodnovitch and Selvi, "A bibliography of neural networks business applications research", *Expert Systems*, Vol 12 N°3, 1995, pp 253-262
- Yang, James & Packer, 1997, "The failure prediction of UK private construction companies" WP University of Portsmouth, Department of Land and Construction Management.

## **ANEXOS:**

### **Anexo 1. Prelación de Créditos**

#### **A.1.1 Generalidades**

La prelación de créditos<sup>43</sup> es el conjunto de normas que determinan la forma y el orden en que deben pagarse los varios acreedores de un deudor. El problema de esto cobra vital importancia cuando el deudor es insolvente y, muy particularmente, en el caso de la quiebra.

Si bien es cierto, analizando las características de la quiebra nos encontramos con el principio de igualdad de los acreedores, con lo que se persiguen los bienes del deudor en idénticos términos para todos ellos, de modo tal que con el producto de la realización se paguen todos íntegramente si fuesen suficientes los bienes y, en caso de no serlo, a prorrata de sus créditos. Sin embargo, esto rige de acuerdo con lo prescrito en el Art. 2469 del Código Civil, *"Cuando no haya causas especiales para preferir ciertos créditos"*.

La preferencia -que determina que un crédito se pague con antelación- constituye, por tanto, una excepción al derecho común. De esta forma resulta una lógica consecuencia, las preferencias son de derecho estricto, se interpretan restrictivamente y no son susceptibles de aplicación analógica. Por este motivo el Art. 2488 del Código Civil expresa que *"La ley no reconoce otras causas de preferencia que las indicadas en los artículos anteriores"*.

---

<sup>43</sup> En esta parte se sigue a Ramón Meza Barros, Manual de Derecho Civil, *De las obligaciones*, 9ª edición, 1997, paginas 204 y ss.

Las preferencias forman parte del crédito mismo, le son inherentes; dicho de otra forma, no están establecidas en consideración a la persona del acreedor, aunque el legislador haya tenido en cuenta para establecerlas circunstancias de orden personal. Como consecuencia de ello, las preferencias pasan con el crédito a la persona que lo adquiera a cualquier título<sup>44</sup> (además, la preferencia se extiende al crédito y a sus intereses).

### **A.1.2. Causas de preferencia y clase de créditos**

Las únicas causas de preferencia se consignan en el Art. 2470 del Código Civil que señala, "*Las causas de preferencia son solamente el privilegio y la hipoteca*".

Los créditos pueden ser de 5 clases: "*Gozan de privilegio los créditos de la primera, segunda y cuarta clase*"; la tercera clase comprende los créditos hipotecarios, y la quinta clase los créditos valistas "*que no gozan de preferencia*"<sup>45</sup>.

### **A.1.3. Clasificación de las preferencias**

Las preferencias pueden ser *generales* o *especiales*. Las preferencias *generales* se hacen efectivas sobre todos los bienes del deudor, cualesquiera que sean; las preferencias *especiales*, en cambio, sólo afectan determinados

---

<sup>44</sup> El Art. 2470 inc.2º del Código Civil prescribe que las causas de preferencia, "*son inherentes a los créditos para cuya seguridad se han establecido, y pasan con ellos a todas las personas que los adquieran por cesión, subrogación o de otra manera*".

<sup>45</sup> Art. 2471 del Código Civil.

bienes del deudor, de modo que el acreedor no goza de preferencia cuando persigue otros bienes<sup>46</sup>.

Esta importante consecuencia se consigna en el Art. 2490 del Código Civil al señalar que *"Los créditos preferentes que no puedan cubrirse en su totalidad por los medios indicados en los artículos anteriores, pasarán por el déficit a la lista de los créditos de la quinta clase, con los cuales concurrirán a prorrata"*.

#### **A.1.4. Clases de créditos**

##### **A.1.4.1. Créditos de la primera clase**

Se encuentran señalados en el Art. 2472 del Código Civil, estos son:

1. **Las costas judiciales**, tanto las costas personales, como las costas procesales.
2. **Las expensas funerales**, se tratan de aquellas necesarias del deudor difunto.
3. **Los gastos de enfermedad**. Si la enfermedad hubiere durado más de 6 meses, fijara el juez, según las circunstancias, la cantidad hasta la cual se extienda la preferencia.
4. **Gastos de la quiebra**. Se trata de los gastos en que se incurra para poner a disposición de la masa los bienes del fallido, los gastos de administración de la quiebra, de la realización del activo y los préstamos contratados por el síndico para los efectos mencionados.

---

<sup>46</sup> Así, la preferencia de que gozan los acreedores prendarios e hipotecarios solamente se hace efectiva en los bienes hipotecados o empeñados. Puesto que las preferencias especiales no afectan sino determinados bienes, si estos resultan insuficientes, el crédito carece de preferencia por el saldo insoluto.

5. **Remuneraciones.** Las remuneraciones de los trabajadores y las asignaciones familiares.
6. **Cotizaciones de seguridad social.** Las cotizaciones adeudadas a organismos de seguridad social o que se recauden por su intermedio, para ser destinadas a ese fin, como asimismo, los créditos del fisco en contra de las entidades administradoras de fondos de pensiones por los aportes que aquél hubiere efectuado de acuerdo al inciso 3º del Art. 42 del D. L. 3500 de 1980.
7. **Los créditos por artículos de subsistencia.**
8. **Indemnizaciones de origen laboral.** Tanto de carácter legal como de carácter convencional que les correspondan a los trabajadores, que estén devengadas a la fecha en que se hagan valer y hasta un límite de 3 ingresos mínimos mensuales por cada año de servicio y fracción superior a 6 meses por cada trabajador hasta un límite de 10 años.
9. **Créditos del fisco por impuestos de retención y recargo.**

Los créditos de la *primera clase* ofrecen las siguientes características generales:

- El privilegio es general.
- El privilegio es personal.
- Se pagan en el orden enumerado.
- Los de cada categoría concurren a prorrata.
- Prefieren a todos los demás créditos.

#### **A.1.4.2. Créditos de la segunda clase**

Se encuentran establecidos en el Art. 2474 del Código Civil, ellos son los siguientes:

- 1. Crédito del posadero y el acarreador o empresario de transporte.**
- 2. Crédito del acreedor prendario.**

Los créditos de la *segunda clase* tienen las siguientes características generales:

- El privilegio del que gozan estos créditos es especial, recae sobre ciertos bienes muebles del deudor: los bienes introducidos en la posada, los bienes acarreados, la cosa empeñada. Como consecuencia, si los bienes son insuficientes, los créditos no gozan de preferencia por el saldo insoluto y pasan por el déficit a la quinta clase de créditos.
- Por regla general no pasan contra terceros, la ley prescribe expresamente que el posadero y el acarreador o empresario de transporte gozan de preferencia mientras los bienes permanecen en su poder. Excepcionalmente pasan contra terceros el privilegio del acreedor prendario, por el carácter real de derecho de prenda.
- Se pagan con preferencia a los demás créditos, a excepción de los de primera clase.

### A.1.4.3. Créditos de la tercera clase

La *tercera clase* de créditos comprende:

1. **Los créditos hipotecarios**<sup>47</sup>. Se comprenden en estos créditos los garantizados con hipoteca de naves y pertenencias mineras.
2. **Los censos debidamente inscritos.**
3. **El derecho legal de retención.**
4. **El derecho del aviador**, derivado del contrato de avío.

Estos se caracterizan por:

- Estos créditos se prefieren en el orden de las fechas de su inscripción.
- En estos créditos se produce el denominado concurso especial de acreedores hipotecarios, en virtud de esta situación, los acreedores hipotecarios tienen derecho para pagarse con las fincas hipotecadas, sin aguardar el resultado de la acción.
- La preferencia de que gozan estos acreedores es especial; recae exclusivamente sobre las fincas hipotecadas, acensuadas o a cuyo respecto se declaró el derecho legal de retención.
- Se pagan con preferencia a todo otro crédito, con excepción de los de primera clase. Solamente en caso de ser insuficientes los bienes del deudor para pagar los créditos de primera clase, podrán estos perseguirse en las fincas hipotecadas.

---

<sup>47</sup> Art. 2477 del Código Civil.

#### **A.1.4.4. Créditos de la cuarta clase**

Dentro de estos créditos encontramos los siguientes, establecidos todos ellos en el Art. 2481 del Código Civil:

- 1. Créditos del fisco.**
- 2. Créditos de instituciones públicas.**
- 3. Créditos de las mujeres casadas.**
- 4. Créditos de los hijos sujetos a patria potestad.**
- 5. Crédito del pupilo contra su guardador.**
- 6. Crédito del pupilo contra el marido de su madre o abuela.**
- 7. Crédito del adoptado contra el adoptante.**

Presentan los créditos de *cuarta clase* las siguientes características generales:

- Corresponden a ciertas personas contra los administradores de sus bienes.
- El privilegio es general.
- El privilegio es personal.
- Prefieren unos a otros según la fecha de sus causas.

#### **A.1.4.5. Créditos de la quinta clase o créditos valistas**

La quinta clase de créditos esta constituida por los créditos de **carácter común o créditos valistas**.

El Art. 2489 del Código Civil dispone que "*La quinta y última clase comprende a los créditos que no gozan de preferencia*". Esta clase de créditos se pagará íntegramente si los bienes del deudor son bastantes; de otro modo se cubrirán a prorrata del crédito.