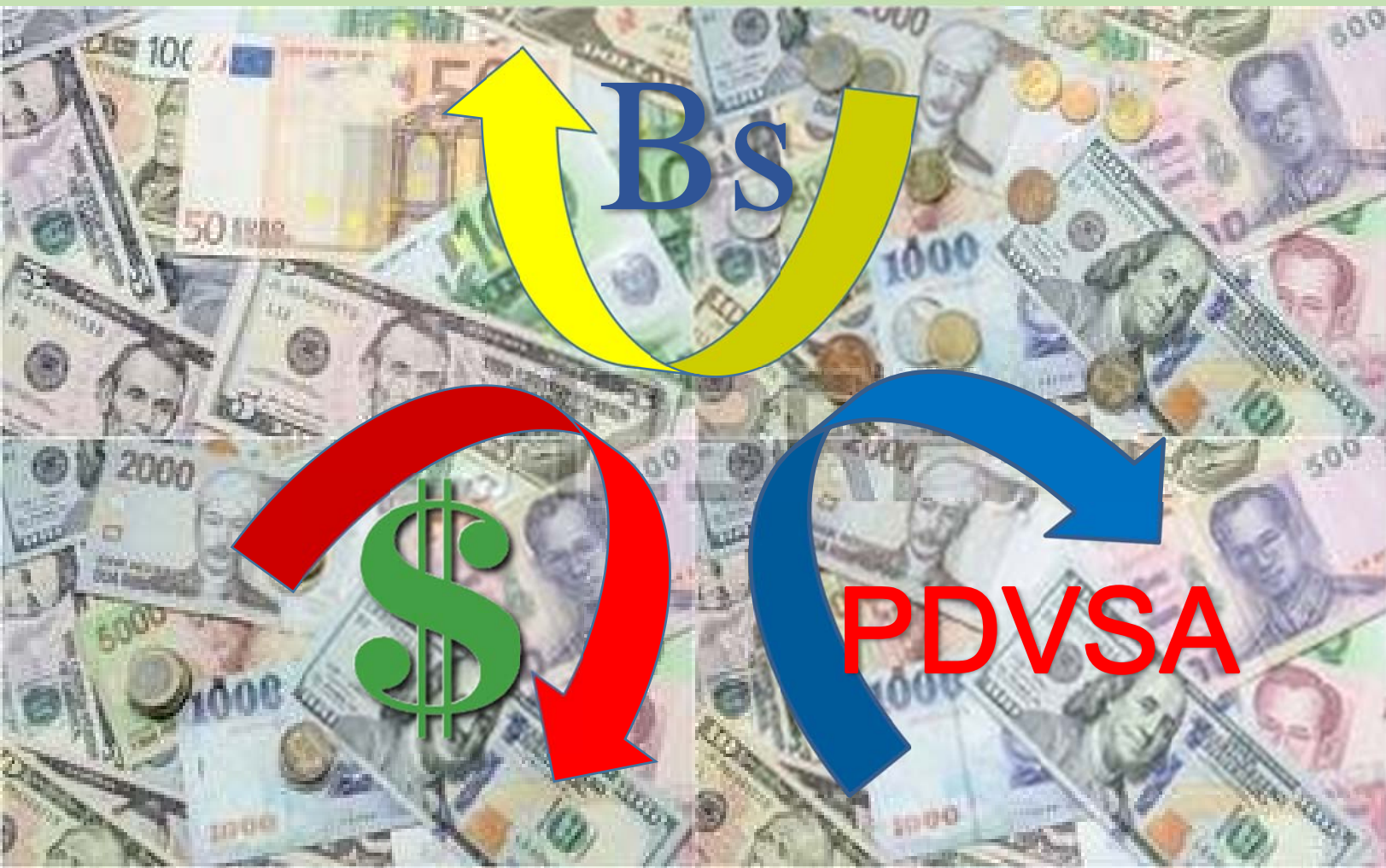


# CASOS DE ESTUDIO DE VALORIZACIÓN DE BONOS VENEZOLANOS

Verónica Alba Nanco Patella – Cristina Vásquez Bilbao



Verónica Alba Nanco Patella – Cristina Vásquez Bilbao

# **CASOS DE ESTUDIO SOBRE VALORIZACIÓN DE BONOS VENEZOLANOS**

**Título:** Casos de estudio sobre valorización de bonos venezolanos

**Caso 1:** Diseño de una metodología para la valorización de los bonos venezolanos con opción a compra.

**Autor:** Verónica Alba Nanco Patella

**Caso 2:** Análisis de duración y convexidad de una cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018-2038.

**Autor:** Cristina Vázquez Bilbao

**Tutor:** Javier M. Rios Valledepaz

Universidad Metropolitana  
Caracas, Venezuela 2018

Hecho el depósito de Ley  
Depósito legal: MI2017000871  
ISBN:978-123-456-789-7

Formato: 21,6 cms x 29,7 cms  
No. de páginas: 200

Diseño y diagramación: Guillermo Ayala B.

Diseño de portada: Guillermo Ayala B.

Ilustración de Portada: Imágenes de monedas y bonos en la WEB

Reservados todos los derechos. No la totalidad ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse o transmitirse, por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación o cualquier otro, sin permiso por escrito del editor.

# UNIVERSIDAD METROPOLITANA

## **Autoridades:**

Hernán Anzola  
Presidente del Consejo Superior

Benjamín Scharifker  
Rector

María del Carmen Lombao  
Vicerrectora Académica

María Elena Cedeño  
Vicerrectora Administrativa

Mirian Teresa Rodríguez  
Secretario General

## **Comité Editorial de Publicaciones de apoyo a la educación**

Prof.: Roberto Réquiz

Prof.: Natalia Castañon

Prof.: Mario Eugui

Prof.: Humberto Njaim

Prof.: Rosana París

Prof.: Alfredo Rodríguez Iranzo (Editor)

## INDICE GENERAL

PROLOGO.....	11
CASO 1	
DISEÑO DE UNA METODOLOGIA PARA LA VALORACION DE LOS BONOS VENEZOLANOS CON OPCION A COMPRA. Autora: Verónica Alba Nanco Patella .....	12
AGRADECIMIENTOS.....	13
RESUMEN .....	14
INTRODUCCION .....	15
ANTECEDENTES Y PROBLEMA .....	15
IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
CAPITULO I	
MARCO TEORICO.....	20
BONOS.....	20
1.1. CONCEPTO DE BONOS .....	20
1.2. ELEMENTOS BÁSICOS DE UN BONO.....	20
1.2.1. Emisor.....	20
1.2.2. Vencimiento.....	20
1.2.3. Valor Nominal.....	20
1.2.4. Tasa Cupón .....	20
1.2.5. Pago del cupón .....	20
1.2.6. Precio .....	20
1.2.7. Rendimiento .....	21
1.3. VALOR Y RENDIMIENTO DE UN BONO.....	21
1.3.1. Rendimiento actual.....	21
1.3.2. Rendimiento al vencimiento.....	22
1.3.3. Rendimiento al Call .....	24
1.4. PROPIEDADES DEL BONO.....	24
1.4.1. Relación entre precio y rendimiento del bono .....	24
1.4.2. Relación entre tasa cupón, rendimiento requerido y precio .....	24
1.4.3. Relación entre el precio del bono y tiempo .....	25
1.4.4. Razones por las que puede variar el precio de un bono .....	25
1.5. TIPOS DE BONOS.....	26
1.5.1. Bonos gubernamentales.....	26
1.5.2. Bonos corporativos .....	26
1.5.3. Bonos cupón cero.....	27
1.5.4. Bonos de tasa Flotante.....	28
1.5.5. Otros tipos de bonos .....	28
1.6. RIESGO.....	30
1.6.1. Riesgo de tasa de interés.....	30
1.6.2. Riesgo de reinversión.....	30
1.6.3. Riesgo de prepago .....	30
1.6.4. Riesgo de Default .....	30
1.6.5. Riesgo de inflación .....	31
1.6.6. Riesgo de liquidez .....	31
1.6.7. Riesgo de volatilidad.....	31
1.7. CALIFICACIONES DE BONOS.....	31
OPCIONES .....	32
1.8. CONCEPTO DE OPCIONES .....	32
1.9. ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA OPCIÓN .....	32
1.9.1. Activo Subyacente.....	32
1.9.2. Ejercicio de la opción.....	33
1.9.3. Fecha de vencimiento .....	33
1.9.4. Opciones americana y europea .....	33
1.9.5. Precio de ejercicio (Strike price) .....	33
1.9.6. Prima .....	33
1.9.7. Garantía.....	33
1.10. TIPOS DE OPCIONES.....	34
1.10.1. Opciones de Compra (Call).....	34
1.10.2. Opciones de Venta (Put).....	38

1.11. FACTORES QUE DETERMINAN EL PRECIO DE UNA OPCIÓN.....	42
1.11.1. El valor intrínseco de la acción o del activo subyacente .....	42
1.11.2. El precio de ejercicio .....	42
1.11.3. La volatilidad del activo subyacente .....	42
1.11.4. El tiempo de vida de la opción .....	42
1.11.5. El tipo de interés libre de riesgo .....	43
1.11.6. Los dividendos generados por el activo subyacente.....	43
1.12. MÉTODOS DE VALORACIÓN DE OPCIONES .....	44
1.12.1. Modelo binomial de un paso .....	44
1.12.2. Modelo binomial de dos pasos .....	46
1.12.3. Modelo binomial opciones americanas .....	49
OBLIGACIONES AMORTIZABLES ANTICIPADAMENTE.....	49
1.13. VALORACIÓN DE LAS OBLIGACIONES AMORTIZABLES ANTICIPADA-MENTE.....	49
1.14. TEORÍA DE OPCIONES PARA VALORAR OBLIGACIONES AMORTIZADAS ANTICIPADAMENTE .....	51

## CAPITULO II

MARCO METODOLOGICO .....	53
2.1. TIPO DE INVESTIGACION .....	53
2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	53
2.3. RECOLECCION DE DATOS .....	53
2.4. POBLACION Y MUESTRA .....	54
2.5. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	55
2.6. PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA OBTENER LOS RESULTADOS .....	55

## CAPITULO III

3.1. METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DE BONOS VENEZOLANOS CON OPCIÓN A RECOMPRA.....	57
3.1.1. Calculo de la volatilidad del bono .....	57
3.1.2. Calculo de las tasas forward .....	58
3.1.3. Comportamiento futuro de los tipos de interés .....	58
3.1.4. Valoración de los bonos ordinarios .....	61
3.1.4. Valoración de los bonos rescatables .....	61

## CAPITULO IV

RESULTADOS .....	64
4.1. Volatilidad del bono PDVSA 2017 .....	64
4.1.1. Datos .....	64
4.1.2. Rendimiento anual.....	64
4.1.3. Volatilidad .....	64
4.2. Volatilidad del bono PDVSA 2027 .....	65
4.2.1. Datos .....	65
4.3. Volatilidad del bono PDVSA 2037 .....	66
4.3.1. Datos .....	66
4.3.2. Rendimiento anual.....	66
4.3.3. Volatilidad .....	66
4.4. Curva de rendimiento de los bonos PDVSA .....	67
4.5. Tasas Spot y Forward.....	68
4.6. Probabilidades de ocurrencia para el árbol binomial .....	69
4.7. Valor del bono PDVSA2017.....	69
4.7.1. Datos PDVSA2017 .....	69
4.7.2. Comportamiento futuro de las tasas de interés PDVSA2017 .....	69
4.7.3. Valoración del bono ordinario PDVSA2017.....	70
4.7.4. Valoración del bono rescatable PDVSA2017 .....	70
4.8. Valor del bono PDVSA2027.....	71
4.8.1. DatosPDVSA2027 .....	71
4.8.2. Comportamiento futuro de las tasas de interés PDVSA2027 .....	72
4.8.3. Valoración del bono ordinario PDVSA2027.....	72
4.8.4. Valoración del bono rescatable PDVSA2027 .....	73
4.9. Valor del bono PDVSA2037.....	73
4.9.1. Datos PDVSA2037 .....	73
4.9.2. Comportamiento futuro de las tasas de interés PDVSA2037 .....	75
4.9.3. Valoración del bono ordinario PDVSA2037.....	75
4.9.4. Valoración del bono rescatable PDVSA2037.....	76

## CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA .....	80
ANEXOS .....	81

## CASO 2

ANALISIS DE DURACION Y CONVEXIDAD DE CARTERA DE BONOS SOBERANOS DE VENEZUELA CON VENCIMIENTO EN PERIODO 2018 - 2038. Autora: Cristina Vázquez Bilbao.....	99
AGRADECIMIENTOS.....	100
RESUMEN .....	101
INTRODUCCIÓN .....	102

## CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	104
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	104
I.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION.....	105
I.3. OBJETIVO GENERAL .....	106
I.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	106

## CAPITULO II

MARCO TEÓRICO.....	108
II.1. ACTIVOS FINANCIEROS DE RENTA FIJA .....	108
II.1.1. Letras del Tesoro .....	108
II.1.2. Bonos.....	108
II.1.3. Pagarés .....	108
II.1.4. Cédulas hipotecarias.....	108
II.2. TIPOS DE BONOS.....	108
II.2.1. Bono hipotecario.....	108
II.2.2. Bono sin garantía .....	109
II.2.3. Bono convertible .....	109
II.2.4. Bono chatarra .....	109
II.2.5. Bono con cupón cero.....	109
II.2.6. Bono a tasa flotante .....	110
II.3. TERMINOLOGÍA ASOCIADA A INSTRUMENTOS DE RENTA FIJA .....	110
II.4. MODELO BÁSICO DE VALUACIÓN DE BONOS .....	111
II.5. CAMBIOS EN LOS VALORES DE LOS BONOS A TRAVÉS DEL TIEMPO .....	112
II.5.1. La tasa de rendimiento esperada.....	112
II.5.2. Prima de inflación.....	112
II.5.3. Prima de riesgo .....	112
II.6. TEOREMAS DE LA VALORACION DE LOS BONOS .....	113
II.6.1. Teorema Primero.....	113
II.6.2. Teorema Segundo .....	114
II.6.3. Teorema Tercero .....	114
II.6.4. Teorema Cuarto.....	115
II.6.5. Teorema Quinto.....	115
II.7. EL CONCEPTO DE DURACIÓN.....	116
II.8. VOLATILIDAD DE LOS BONOS .....	120
II.9. DURACIÓN MODIFICADA .....	120
II.10. LA DURACIÓN COMO UNA MEDIDA DE ELASTICIDAD.....	122
II.11. CARACTERÍSTICAS DE LA DURACIÓN DE UN BONO .....	123
II.12. LAS VARIABLES DETERMINANTES DE LA DURACIÓN .....	124
II.12.1. El cupón.....	124
II.12.2. El plazo hasta el vencimiento .....	124
II.12.3. El cupón corrido .....	124
II.12.4. El rendimiento hasta el vencimiento .....	124
II.12.5. La amortización parcial de la emisión .....	124
II.12.6. El paso del tiempo.....	125
II.13. LIMITACIONES DEL CONCEPTO DE DURACION.....	125
II.14. LA DURACIÓN DE UNA CARTERA DE RENTA FIJA.....	125
II.15. EL CONCEPTO DE CONVEXIDAD .....	127
II.16. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONVEXIDAD.....	129
II.16.1. La duración .....	129
II.16.2. Los flujos de caja .....	130
II.16.3. La volatilidad de los tipos de interés .....	130
II.16.4. El sentido de la variación del rendimiento .....	130
II.17. LA GESTIÓN PASIVA DE LAS CARTERAS DE RENTA FIJA .....	130

II.17.1. La indexación .....	131
II.17.1.1. El enfoque de la muestra estratificada.....	132
II.17.1.2. El enfoque de la optimización .....	132
II.17.1.3. El enfoque de minimización de la varianza .....	133
II.17.1.4. Ventajas y desventajas de los enfoques del método de indexación .....	133
II.17.2. Inmunización.....	134
II.17.2.1. El caso de un único pago en el futuro.....	134
II.17.2.2. Rendimiento y duración de una cartera de bonos .....	138
II.17.2.3. La inmunización de varios pagos en el futuro.....	140
II.17.3. Inmunización contingente .....	143
II.17.4. Correspondencia entre flujos de tesorería.....	144
MARCO METODOLÓGICO .....	147
III.1. Tipo de investigación .....	147
III.2. Diseño de investigación .....	147
III.3. POBLACIÓN O UNIVERSO DE ESTUDIO .....	148
III.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	148
III.5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	148
<b>CAPITULO IV</b>	
IV.1. RESUMEN DE BONOS SOBERANOS DE VENEZUELA CON VENCIMIENTO EN EL PERIODO 2018 – 2038.....	150
IV.2. CÁLCULO DE DURACIÓN Y CONVEXIDAD DE BONOS SOBERANOS DE VENEZUELA CON VENCIMIENTO EN EL PERIODO 2018 – 2038.....	150
IV.2.1. Consideraciones generales .....	150
IV.2.2. Global 2018 (cupón 13,625%) .....	152
IV.2.3. Global 2018 (cupón 7%) .....	153
IV.2.4. Global 2019 .....	154
IV.2.5. Global 2020 .....	155
IV.2.6. Global 2022 .....	156
IV.2.7. Global 2023 .....	157
IV.2.8. Global 2024 .....	158
IV.2.9. Global 2025 .....	159
IV.2.10. Global 2026 .....	160
IV.2.11. Global 2027 .....	161
IV.2.12. Global 2028 .....	162
IV.2.13. Global 2031 .....	163
IV.2.14. Global 2034 .....	164
IV.2.15. Global 2038 .....	165
IV.3. Duración y convexidad de la cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018 – 2038 .....	166
IV.4. APLICACIÓN DE TÉCNICA DE INMUNIZACIÓN PASIVA, EN EL CASO DE UN ÚNICO PAGO EN EL FUTURO.....	167
IV.4.1. Consideraciones generales .....	167
IV.4.2. Primer escenario, inversión es dos bonos de corto plazo .....	168
IV.4.3. Segundo escenario, inversión de un bono a corto plazo con un bono a mediano plazo .....	170
IV.4.4. Tercer escenario, inversión de un bono a mediano plazo con un bono a largo plazo.....	172
IV.5. APLICACIÓN DE TÉCNICA DE INMUNIZACIÓN PASIVA, EN EL CASO DE VARIOS PAGOS EN EL FUTURO.....	175
IV.5.1. Primer escenario, inversión en dos bonos a corto plazo.....	175
IV.5.2. Segundo escenario, inversión de un bono a corto plazo con un bono a mediano plazo .....	178
IV.5.3. Tercer escenario, inversión de un bono a mediano plazo con un bono a largo plazo.....	180
<b>CAPITULO V</b>	
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	185
<b>CAPITULO VI</b>	
CONCLUSIONES .....	189
RECOMENDACIONES .....	190
BIBLIOGRAFÍA .....	192
APÉNDICES .....	194



## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS CASO 1

#### DISEÑO DE UNA METODOLOGIA PARA LA VALORACION DE LOS BONOS VENEZOLANOS CON OPCION A COMPRA.

Autora: Verónica Alba Nanco Patella

Tabla 1: Valores de la estructura temporal de los tipos de interés.....	22
Tabla 2: Tipos de interés plazo.....	23
Tabla 3: Relación entre tasa cupón, rendimiento requerido y precio.....	25
Tabla 4: Gastos de interés para los bonos EIN.....	27
Tabla 5: Calificaciones de los bonos.....	31
Tabla 6: Relación entre el valor de la opción y los factores que lo definen.....	43
Tabla 7: Glosario de Bonos.....	54

### TABLAS CASO 2

#### ANALISIS DE DURACION Y CONVEXIDAD DE CARTERA DE BONOS SOBERANOS DE VENEZUELA CON VENCIMIENTO EN PERIODO 2018 - 2038.

Autora: Cristina Vázquez Bilbao

Tabla 8: Teorema Segundo de la valoración de bonos según Mascareñas.....	114
Tabla 9. Teorema Cuarto de la valoración de bonos según Mascareñas.....	115
Tabla 10. Variación del Teorema Segundo de la valoración de bonos según Mascareñas.....	115
Tabla 11. Teorema Quinto de la valoración de bonos según Mascareñas.....	115
Tabla 12. Variación del Teorema Quinto de la valoración de bonos según Mascareñas.....	116
Tabla 13. Aplicación de la expresión discreta para el concepto de duración.....	118
Tabla 14. Cartera de Renta Fija.....	126
Tabla 15. Flujos de caja de cada título de renta fija.....	126
Tabla 16. Ejemplo del cálculo de convexidad para un título de renta fija.....	128
Tabla 17. Estratificación de los bonos en celdas.....	132
Tabla 18. Ventajas y desventajas de los enfoques del método de indexación.....	133
Tabla 19. Tasas de interés aplicadas para el ejemplo de inmunización.....	135
Tabla 20. Ejemplo de reinversión a partir de cupones recibidos de bonos del Estado.....	135
Tabla 21. Ejemplo de reinversión a partir de cupones recibidos de obligaciones del Estado.....	136
Tabla 22. Efecto de cambios en la tasa de interés aplicado al ejemplo de reinversión.....	137
Tabla 23. Flujos de caja generados por la cartera de bonos del Estado.....	138
Tabla 24. Duración de la cartera de bonos del Estado.....	139
Tabla 25. Cuadro de amortización progresiva o sistema francés.....	141
Tabla 26. Cálculo de duración para el ejemplo de sistema de amortización francés.....	141
Tabla 27. Datos para obtener la curva rendimiento-duración de la cartera.....	142
Tabla 28. Estrategia de inmunización contingente.....	144
Tabla 29. Resumen de Bonos Globales con vencimiento 2018 – 2038, fecha de corte 26 de Febrero del 2016.....	150
Tabla 30. Cálculo de participación en la cartera y del valor nominal.....	151
Tabla 31. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2018 (cupón 13,625%).....	152
Tabla 32. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2018 (cupón 7%).....	153
Tabla 33. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2019.....	154
Tabla 34. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2020.....	155
Tabla 35. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2022.....	156
Tabla 36. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2023.....	157
Tabla 37. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2024.....	158
Tabla 38. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2025.....	159
Tabla 39. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2026.....	160
Tabla 40. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2027.....	161
Tabla 41. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2028.....	162
Tabla 42. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2031.....	163
Tabla 43. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2034.....	164
Tabla 44. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2038.....	165
Tabla 45. Cálculo de la duración de la cartera.....	166
Tabla 46. Cálculo de la convexidad de la cartera.....	166
Tabla 47. Cartera de Bonos Soberanos con vencimiento en el periodo 2018-2038.....	167
Tabla 48. Comportamiento de la Tasa Libor.....	168
Tabla 49. Reinversión de los cupones y el principal, primer escenario en el caso de un único pago en el futuro.....	169
Tabla 50. Reinversión de los cupones y el principal, segundo escenario en el caso de un único pago en	

el futuro .....	171
Tabla 51. Reinversión de los cupones y el principal, tercer escenario en el caso de un único pago en el futuro ..	173
Tabla 52. Tabla de amortización del préstamo, primer escenario en el caso de varios pagos en el futuro .....	175
Tabla 53. Cálculo de duración del préstamo, primer escenario en el caso de varios pagos en el futuro .....	176
Tabla 54. Proporción de reparto de la inversión y cálculo de TIR de la cartera, primer escenario en el caso de varios pagos en el futuro .....	177
Tabla 55. Cálculo de duración de la cartera, primer escenario aplicando una técnica de inmunización pasiva en el caso de varios pagos en el futuro .....	177
Tabla 56. Tabla de amortización del préstamo, segundo escenario en el caso de varios pagos en el futuro .....	178
Tabla 57. Cálculo de duración del préstamo, segundo escenario en el caso de varios pagos en el futuro .....	178
Tabla 58. Proporción de reparto de la inversión y cálculo de TIR de la cartera,segundo escenario en el caso de varios pagos en el futuro .....	179
Tabla 59. Cálculo de duración de la cartera, segundo escenario aplicando una técnica de inmunización pasiva en el caso de varios pagos en el futuro .....	180
Tabla 60. Tabla de amortización del préstamo, tercer escenario en el caso de varios pagos en el futuro .....	181
Tabla 61. Cálculo de duración del préstamo, tercer escenario en el caso de varios pagos en el futuro .....	181
Tabla 62. Proporción de reparto de la inversión y cálculo de TIR de la cartera, tercer escenario en el caso de varios pagos en el futuro .....	182
Tabla 63. Cálculo de duración de la cartera, tercer escenario aplicando una técnica de inmunización pasiva en el caso de varios pagos en el futuro .....	183
Tabla 64. Resumen de duración por cada bono .....	185
Tabla 65. Resumen de duración modificada por cada bono .....	186
Tabla 66. Resumen de convexidad por cada bono .....	186
Tabla 67. Resumen aplicación de técnica de inmunización pasiva, en el caso de un único pago en el futuro .....	187
Tabla 68. Resumen aplicación de técnica de inmunización pasiva, en el caso de varios pagos en el futuro .....	187

## FIGURAS CASO 1

### DISEÑO DE UNA METODOLOGIA PARA LA VALORACION DE LOS BONOS VENEZOLANOS CON OPCION A COMPRA.

Autora: Verónica Alba Nancho Patella

Figura 1: Estructura temporal de los tipos de interés .....	23
Figura 2: Gráfica del perfil del beneficio sobre una opción de compra en su fecha de vencimiento .....	36
Figura 3: Gráfica del resultado sobre una opción de compra (según el emisor) en su fecha de vencimiento .....	38
Figura 4: Gráfica del resultado sobre una opción de venta (según el emisor) en la fecha de vencimiento .....	40
Figura 5: Gráfica del resultado sobre una opción de venta (según el emisor) en la fecha de vencimiento .....	41
Figura 6: Resumen de las posiciones simples con opciones según las expectativas .....	41
Figura 7: Movimientos del precio de la acción en un ejemplo numérico .....	44
Figura 8. Precios de la acción y la opción en un árbol general de un paso .....	46
Figura 9. Precios de la acción en un árbol de dos pasos .....	47
Figura 10. Precios de la opción en un árbol de dos pasos .....	47
Figura 11. Evaluación del precio de la opción en el nodo B .....	47
Figura 12. Precios de la acción y de la opción en un árbol de dos pasos .....	48
Figura 13. Uso del árbol de dos pasos para evaluar una opción de venta americana .....	49
Figura 14. Curvas precio/rendimiento según que la obligación sea normal o amortizable con anticipación en cuanto a su precio alcance los 102 euros .....	50
Figura 15: Árbol binomial que modela el comportamiento futuro de los tipos de interés .....	60
Figura 16: Ejemplo de comportamiento futuro de los tipos de interés .....	60
Figura 17: Ejemplo de valoración de bonos ordinarios .....	61
Figura 18: Ejemplo del valor de un bono rescatable en el periodo 4 .....	62
Figura 19: Ejemplo de valor de un bono rescatable .....	62

## FIGURAS CASO 2

### ANÁLISIS DE DURACION Y CONVEXIDAD DE CARTERA DE BONOS SOBERANOS DE VENEZUELA CON VENCIMIENTO EN PERIODO 2018 - 2038.

Autora: Cristina Vázquez Bilbao

Figura 20: Curva precio/rendimiento de los bonos .....	113
Figura 21. Decremento de la prima .....	114
Figura 22. Centro de gravedad del sistema que viene dado por la duración de un bono .....	119
Figura 23. Relación entre el valor del bono (P) y la tasa de interés (r) .....	123
Figura 24. Curva precio/rendimiento, duración modificada y convexidad .....	127

<b>Figura 25. Diferentes combinaciones TIR-duración según sean las características de los títulos que componen la cartera de renta fija .....</b>	<b>139</b>
<b>Figura 26. Curva de inmunización de una corriente de pagos.....</b>	<b>140</b>
<b>Figura 27. Curva de inmunización ejemplo sistema de amortización francés .....</b>	<b>142</b>

## PROLOGO

La presente publicación está compuesta por dos tesis de la Maestría en Administración, Mención Gerencia de Finanzas de la Universidad Metropolitana, aprobadas por los jurados con Mención Honorífica.

La primera se titula “DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DE LOS BONOS VENEZOLANOS CON OPCIÓN DE RECOMPRA” presentada por la Magíster Verónica Nanco, en Septiembre de 2016.

En esta tesis, se hace una valoración de los bonos PDVSA 2017, PDVSA 2027 y PDVSA 2037 que tienen la opción de recompra. Los resultados obtenidos pueden servir de guía para el inversionista, de tal manera que vea compensado el riesgo de una amortización anticipada en caso de que el emisor rescate el bono.

La segunda se titula “ANÁLISIS DE DURACIÓN Y CONVEXIDAD DE UNA CARTERA DE BONOS SOBERANOS DE VENEZUELA CON VENCIMIENTO EN EL PERÍODO 2018-2038” presentada por la Magíster Cristina Vásquez Bilbao, en Septiembre de 2016.

En esta tesis, se hace un análisis de la duración y convexidad de una cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018-2038. La recolección de los datos correspondientes a cada título se realizó en un tiempo único con fecha 26 de febrero del 2016, y a partir de la información sustentada en el marco teórico se procedió a identificar cada uno de los elementos que conforman un bono para luego medir la duración y convexidad en cada caso. Los resultados demuestran que la técnica de inmunización pasiva utilizada, permite a un inversor estar seguro de poder hacer frente a una determinada corriente de pagos en el futuro, logrando de esta forma los objetivos planteados en el proyecto de investigación.

Las dos tesis se complementan en el sentido que abordan aspectos fundamentales de los bonos que permiten determinar el valor de la opción de recompra en el primer caso y el riesgo de mercado asociado a los cambios en las tasas de interés en el segundo y configuran una buena muestra de la calidad y solidez de los estudios de Maestría en la Universidad Metropolitana.

Finalmente, queremos agradecer a la Dirección de Publicaciones del Decanato de Investigación y Desarrollo, todo el apoyo recibido, y esperamos que esta publicación contribuya a la divulgación de los trabajos de investigación de nuestros estudiantes de postgrado.

Javier M. Ríos Valledépa  
Departamento de Finanzas  
Facultad de Ciencias económicas y Sociales

Verónica Alba Nanco Patella

**CASO 1**  
**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA**  
**VALORACIÓN DE LOS BONOS VENEZOLANOS**  
**CON OPCIÓN DE COMPRA**

Caracas

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero agradecer a Dios, por acompañarme a lo largo de mi carrera y permitirme trabajar en este proyecto.

A mis padres y a mi hermano por siempre darme su apoyo incondicional durante toda mi vida, especialmente durante mis estudios.

Quiero agradecer a mi tutor Javier Ríos que dedico su tiempo a ayudarme, explicarme y aconsejarme para poder desarrollar este proyecto.

A todo el resto de mis familiares y seres queridos que me brindaron su apoyo y ayuda cada vez que lo necesitaba

## RESUMEN

Cada vez son más los inversionistas en Venezuela que buscan proteger su capital contra la inflación, por lo cual buscan invertir en instrumentos financieros que mantengan o incrementen el valor de la moneda. Para lograr esto conforman portafolios con distintos activos calculando un rendimiento y un riesgo esperado según el perfil de cada uno.

Actualmente se cuenta con métodos de valoración de los distintos activos que pueden conformar un portafolio como lo son bonos, acciones, opciones y futuros, entre otros. Sin embargo no se cuenta hasta los momentos con un método de valoración que combine los bonos venezolanos y opciones. El propósito de esta investigación es diseñar una metodología que permita realizar esta valoración tomando en cuenta el entorno país y las condiciones específicas de los bonos venezolanos con opción de recompra. De esta manera el inversionista venezolano tendrá una herramienta más que lo ayude a conformar un portafolio diversificado calculando el riesgo y el rendimiento esperado lo más cercano posible al resultado final.

Se realizó la valoración de los bonos PDVSA 2017, PDVSA 2027 y PDVSA 2037 los cuales tienen la opción de recompra dando como resultado a la fecha del estudio que el valor de cada uno debería ser: PDVSA 2017=484,1 USD, PDVSA 2027=271,74 USD Y PDVSA 2037=252,26 USD para que de esta forma el inversionista vea compensado el riesgo de una amortización anticipada en caso de que el emisor rescate el bono.

## INTRODUCCION

### ANTECEDENTES Y PROBLEMA

El mercado de capitales venezolano actualmente es una de las principales fuentes de fondos que posee el sector público (Gobierno y Empresas del Estado) para el financiamiento de sus gastos corrientes o de capital a través de la emisión de títulos valores de renta fija.

Estos títulos normalmente son colocados al nombre del portador y suelen ser negociados en algún mercado o bolsa de valores. Son emisiones en dólares pagaderas en bolívares lo cual son muy atractivas en el mercado nacional ya que permite al inversionista protegerse contra la inflación. El emisor (Gobierno y Empresas del Estado) se compromete a devolver el capital principal junto con los intereses, también llamados cupón.

Los principales Bonos Públicos del Estado Venezolano en el mercado de valores son:

Letras del Tesoro

Bonos de Deuda Pública Nacional (DPN)

Bonos del Sur

Bonos Soberanos

Bonos Globales

Bonos de PDVSA

Euro Bonos

Bonos Venezolanos

Vebonos

Bonos Globales

Bonos Brady

Bonos Cero Cupón

Korn, Elke y Korn, Ralf (p. 193)

Según Korn, Ekle y Korn Ralf el concepto de opción no es conocido exclusivamente en el campo de las finanzas. Por el contrario, es utilizado mucho en el día a día y significa tener una posibilidad (“tengo la oportunidad de aceptar esta oferta”). La característica principal de una opción así es que si bien uno puede aprovechar la oportunidad, no es una obligación. Desde este punto de vista, una opción presenta siempre algo positivo.

En general, por opción se entiende un contrato, que le garantiza a su comprador una remuneración no negativa de una suma no predeterminada, en un punto fijo en el tiempo. En el peor de los casos, uno no obtendrá ganancia alguna (es decir, se tendrá una remuneración de cero), o bien se obtendrá una remuneración estrictamente positiva.

Al vendedor de la opción se le llama aspirante de la opción, mientras que al comprador se le llama dueño de la opción. En las opciones se hace la distinción entre opciones europeas y opciones americanas. En las opciones americanas es posible ejercer el derecho sobre una opción en cualquier momento durante la validez del contrato, mientras que en las europeas, únicamente al final del



período. Black y Scholes en 1973 publicaron por primera vez un método para valorar opciones el cual permite obtener un precio teórico para una opción sobre una acción que no paga dividendos en función de: el valor actual del activo subyacente, el precio de ejercicio, el tiempo que falta para el vencimiento, el tipo de interés libre de riesgo y la volatilidad del activo subyacente. Como se puede observar, de las variables mencionadas anteriormente, la única que es desconocida a la hora de evaluar una opción es la volatilidad del subyacente. Por lo tanto, obtener una buena estimación de la volatilidad es crucial para valorar la opción. En la versión original de Black y Scholes se usó la volatilidad histórica. Ellos asumieron que los precios evolucionan en forma lognormal con volatilidad constante a lo largo del tiempo e independientemente del nivel de precio de la acción. Como consecuencia de este supuesto la “volatilidad implícita” de cada una de las opciones con diferentes precios de ejercicio va a ser igual a la del activo subyacente.

A pesar que la fórmula de Black-Scholes es, y ha sido, mundialmente utilizada en el mercado de opciones, en los últimos años han aparecido una gran cantidad de estudios poniendo en evidencia importantes fallas la hora de aplicar la formula en el mercado real, como la diferencia entre los precios de mercado y los obtenidos mediante Black-Scholes. Se encuentra sistemáticamente que las volatilidades implícitas tienden a estar relacionadas con el precio de ejercicio.

Posteriormente se han ido desarrollando variaciones al modelo de Black – Scholes por diversos autores. Estudiaremos el Método Binomial el cual fue desarrollado por Rendleman & Bartter (1979) y Cox, Ross & Rubinstein (1979). Este método se construye a partir de una estimación de la distribución de probabilidades riesgo-neutral del precio futuro del activo subyacente, congruente con los precios de mercado de las opciones negociadas.

Un bono con opción a recompra paga cupones y promete el pago del principal a la madurez, este puede ser rescatado por el emisor antes de la fecha de vencimiento. La recapitalización del emisor (Gobierno ó Empresa) de los bonos puede tener variaciones sustanciales debido a un cambio de políticas de tasas de interés en la economía por lo cual el emisor quiera rescatar los bonos y emitir una nueva deuda a un costo más bajo. En dicho caso, el comprador del bono recibe un precio de rescate antes de la fecha de vencimiento del bono. Esta característica hace que la valoración de este tipo de bonos no sea la tradicional y se debe hacer tomando en cuenta que se comporta como una opción americana la cual puede ser ejercida en cualquier momento.

John C. Hull (2009, p. 423) define bonos con opción a recompra ó rescatables:

Algunos bonos contienen opciones de compra y de venta intercaladas. Por ejemplo, un bono rescatable (callable bond) contiene cláusulas que permiten a la empresa emisora readquirir el bono a un precio predeterminado en ciertas fechas en el futuro. El tenedor de un bono de este tipo vendió una opción de compra al emisor. El precio de ejercicio o el precio de la opción de compra en la opción es el precio predeterminado que el emisor debe pagar al tenedor para readquirir el bono. Por lo general, los bonos rescatables no pueden retirarse durante los primeros años de su vida. (Esto se conoce como periodo de protección o de cierre, lockout period). Después de eso, el precio de la opción de compra está usualmente en función decreciente del tiempo. Por ejemplo, un bono rescatable a 10 años podría no tener privilegios de redención durante los 2 primeros años. Después de eso, el emisor podría tener el derecho de readquirir el bono a un precio de \$110.00 en el tercero y cuarto año de su

vida; a \$107.50 en el quinto y sexto años; a \$106.00 en el séptimo y octavo años, y a \$103.00 en el noveno y décimo años. El valor de la opción de compra se refleja en los rendimientos cotizados sobre los bonos. Por lo general, los bonos con cláusulas de rescate anticipado ofrecen rendimientos más altos que los bonos sin estas cláusulas.

Dentro de la oferta de títulos de renta fija que hay en Venezuela existen varios títulos con estas características los cuales serán objeto de nuestro estudio. Estos son instrumentos financieros complejos que son interesantes para estudiar ya que incluye un bono convencional asociado a una opción de compra que se comporta como un warrant<sup>1</sup>.

Actualmente no hay suficientes herramientas de análisis para que los inversionistas tanto nacionales como internacionales puedan evaluar el desempeño de los bonos venezolanos con opción de recompra como instrumentos de inversión.

Como consecuencia de lo antes expuesto, se plantea como interrogante ¿Cómo estructurar y diseñar una metodología de valoración para los títulos valores de renta fija con opción de recompra emitidos en Venezuela?

## **IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Una metodología para la valoración de bonos venezolanos con opción de recompra encuentra su justificación en la necesidad que existe por parte de los inversionistas tanto particulares como empresas (que poseen en sus activos financieros un portafolio de inversión) de cuantificar los precios del mercado y un rendimiento asociado de forma periódica de tal manera de obtener el mejor rendimiento posible y disminuir los riesgos de posibles pérdidas.

Es importante contar con un método de valoración de estos instrumentos no solo para conocer el valor de un portafolio de inversión, sino también para utilizarlo como referencia al momento de negociarlo en el mercado secundario pues los factores del mercado que determinan su valor cambian con el tiempo.

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Objetivo General**

Diseñar una metodología de valoración de bonos venezolanos con opción de recompra, que combine los métodos de valoración de bonos y opciones lo cual permitirá a los inversionistas disminuir el riesgo y tomar mejores decisiones para sus portafolios.

### **Objetivos Específicos**

- 1.- Definir los conceptos básicos y las variables que determinan el valor de un bono y el valor de una opción.
- 2.- Describir los principales métodos de valoración de bonos y opciones financieras.
- 3.- Analizar el mercado y las características de los bonos con opción de recompra en Venezuela.

---

<sup>1</sup> Los *warrants* son opciones emitidas por una institución financiera o una corporación no financiera

4.- Validar el modelo de valoración propuesto.

## **ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN**

La presente investigación está dividida en 5 capítulos que se describen a continuación:

En el Capítulo I se describe la base teórica de la investigación, se exponen los elementos más relevantes de los bonos y opciones, rendimientos, tipos, medidas de riesgo, valoración. Adicionalmente se muestra el modelo binomial para opciones americanas y la valoración de las obligaciones amortizables anticipadamente.

En el Capítulo II se presenta el marco metodológico, en el cual se incluye el tipo y el método de estudio, las variables e instrumento de recolección de datos que facilita la elaboración del procedimiento.

En el Capítulo III se expone la metodología utilizada para la valoración de los bonos con opción de recompra PDVSA 2017, PDVSA 2027 y PDVSA 2037.

En el Capítulo IV se presentan los cálculos y resultados obtenidos para cada bono.

En el Capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones donde se realiza un análisis de los resultados obtenidos.

## **CAPITULO I**

## **MARCO TEORICO**

### **BONOS**

#### **1.1. CONCEPTO DE BONOS**

Tal como lo definen Ross, Westerfield y Jaffe (1995), un bono en su forma más básica es algo muy sencillo. El inversionista presta algo de dinero a una empresa, por ejemplo, 1000 dólares. La compañía le paga intereses regularmente y reintegra el monto original del préstamo de 1000 dólares en algún momento futuro.

Con frecuencia, las corporaciones (y los gobiernos) piden dinero prestado mediante la emisión o venta de títulos de deuda llamados bonos.

En general, un bono es un préstamo en el que solo se pagan intereses, lo cual significa que el prestatario pagara intereses cada periodo, pero no hará abonos al principal, cuyo monto total deberá pagarse al final del préstamo.

#### **1.2. ELEMENTOS BÁSICOS DE UN BONO**

##### **1.2.1. Emisor**

Hay varios tipos de emisores de bonos. Los gobiernos federales y sus agencias, gobiernos municipales y corporaciones. (Fabozzi, 1996, p.3). Según la solvencia del emisor el riesgo de crédito será mayor o menor. Esto hace que sea especialmente importante elegirlo bien. Además es el que tiene la obligación de devolvernos el principal y los intereses acordados.

##### **1.2.2. Vencimiento**

Es el momento en el que el emisor está obligado a devolvernos el dinero que le prestamos. Si necesitamos antes el dinero, tendremos que venderle el título de renta fija a un tercero a un precio no fijado previamente, por lo que podríamos incurrir en una ganancia o pérdida.

##### **1.2.3. Valor Nominal**

Es el importe que a vencimiento tendrá que pagarnos el emisor.

##### **1.2.4. Tasa Cupón**

También llamada tasa nominal, es la tasa de interés que el emisor está de acuerdo de pagar cada año. (Fabozzi, 1996, p.4).

##### **1.2.5. Pago del cupón**

Es el flujo de caja periódica percibido por el tenedor de bono, el cual consiste en el producto del valor nominal por la tasa cupón del periodo respectivo dividido por la frecuencia de pago anual.

##### **1.2.6. Precio**

Es uno de los elementos más importantes de un bono es el precio al cuál cotiza en el mercado dado un momento determinado.

### 1.2.7. Rendimiento

Los títulos de renta fija pueden tener:

Rendimiento explícito, cuando cobran los intereses en la cuenta en forma de cupones.

Rendimiento implícito, son emitidos al descuento. No pagan cupones intermedios. El rendimiento es el obtenido por la diferencia entre el precio de compra y el de venta o amortización del título. Por ejemplo un bono cupón cero.

Ross, Westerfield y Jaffe (1995) exponen el siguiente ejemplo: suponga que Beck Corporation desea pedir un préstamo de 1 000 dólares a 30 años. Beck pagara entonces  $.12 \times \$1\,000 = \$120$  de intereses anuales durante 30 años. Al termino este periodo Beck pagará \$1 000. En nuestro ejemplo, los \$120 de pagos regulares de intereses se denominan cupones del bono. El monto que se paga al final del préstamo se llama valor nominal o valor a la par del bono. Por último, el cupón anual dividido entre el valor nominal se llama tasa de cupón del bono. Puesto que  $\$120/1\,000 = 12\%$ , el bono Deck tiene una tasa de cupón de 12%.

El número de años que faltan para que se pague el valor nominal se denomina tiempo para el vencimiento. Un bono corporativo a menudo tiene vencimiento de 30 años cuando se emite originalmente, aunque esto varía. Una vez que el bono se ha emitido, el número de años para que llegue a su vencimiento se reduce con el transcurso del tiempo.

### 1.3. VALOR Y RENDIMIENTO DE UN BONO

Conforme pasa el tiempo, las tasas de interés cambian en el mercado. Debido a que los flujos de efectivos de un bono siempre son iguales, el valor del bono fluctúa. Cuando las tasas de interés suben, el valor presente de los flujos efectivos restantes del bono disminuye y el bono vale menos. Cuando las tasas de interés bajan, el bono vale más.

El rendimiento de cualquier inversión es la tasa interés que hace el valor presente de los flujos de caja de la inversión igual al precio o costo de la inversión. Matemáticamente y es la tasa de interés que satisface la ecuación:

$$P = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1 + y)^t}$$

CF<sub>t</sub>= Flujo de caja en el año t.

P= Precio de la inversión.

N= Números de años.

En el mercado de renta fija hay tres medidas de rendimiento:

#### 1.3.1. Rendimiento actual

Se relaciona con la tasa cupón del instrumento. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento Actual} = \frac{\text{Tasa Cupon}}{\text{Precio}}$$

El rendimiento actual toma en cuenta solamente la tasa de cupón y no otra fuente de retorno que pueda afectar el rendimiento del inversionista. No se considera el capital que el inversionista obtiene cuando el bono es vendido. (Fabozzi, 1996, p.38)

### 1.3.2. Rendimiento al vencimiento

Ross, Westerfield y Jaffe, (1995) afirma que para determinar el valor de un bono en un momento dado, necesitamos conocer el número de periodos que faltan para el vencimiento, el valor nominal, el cupón y la tasa de interés del mercado para bonos con características similares. Esta tasa de interés requerida en el mercado sobre un bono se llama rendimiento al vencimiento (YTM, siglas de yield to maturity). En ocasiones esta tasa se llama rendimiento del bono. Con toda esta información podemos calcular el valor presente de los flujos de efectivo como una estimación del valor del mercado actual del bono.

Mascareñas Juan (2013) aseguran que la clave para obtener el valor de un bono es estimar su rendimiento hasta el vencimiento y, una vez hecho esto, obtener el precio a fin de año a través de la ecuación que se muestra a continuación.

Con el objeto de facilitar la comprensión de la operación y sus cálculos, suponemos que nos hallamos en el momento cero y que el cobro de los cupones ( $Q_j$ ) tiene lugar a fin de año, el precio de mercado al termino del año ( $P_1$ ) dependerá de los intereses que le quedan por cobrar más la devolución del principal

$$P_1 = \frac{Q_2}{(1 + r_{n-1})} + \frac{Q_3}{(1 + r_{n-1})^2} + \dots + \frac{Q_n + P_n}{(1 + r_{n-1})^{n-1}}$$

Donde:  $r_{n-1}$  es el tipo de rendimiento interno hasta vencimiento del bono desde el final del año 1.



Suponga que se tiene la estructura temporal de los tipos de interés observada en la Figura 1, cuyos valores se pueden apreciar en la Tabla 1.

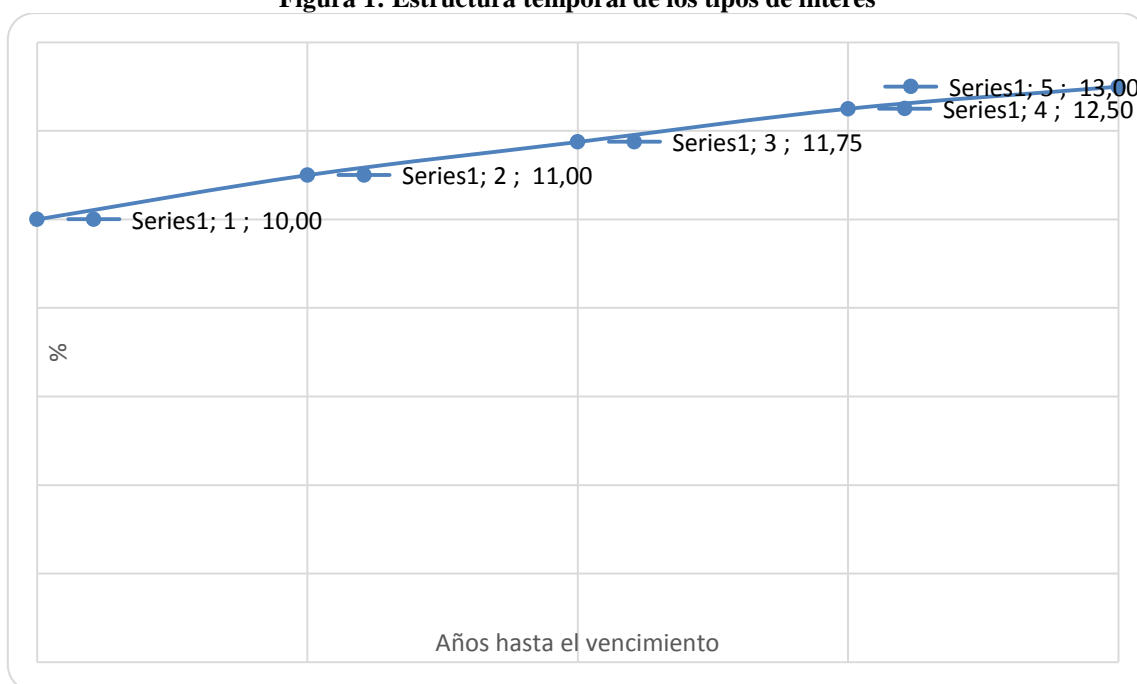
**Tabla 1: Valores de la estructura temporal de los tipos de interés**

Bono	Rendimiento
1 año	10,00%
2 años	11,00%
3 años	11,75%
4 años	12,50%
5 años	13,00%

**Tabla 2: Tipos de interés plazo**

Tiempo	r1
Ahora	10,00%
Dentro de 1 año	12,12%
Dentro de 2 años	13,57%
Dentro de 3 años	15,51%
Dentro de 4 años	16,02%

**Figura 1: Estructura temporal de los tipos de interés**



**Fuente: Mascareñas Juan (2013a)**

En la tabla 2 se han obtenido los tipos de interés a plazo implícitos para inversiones sin riesgo de un año de plazo (Letras del Tesoro, por ejemplo), que se esperan obtener dentro de 1 año, dentro de 2 años, etc., a través del cálculo de la TIR (se supone que no existe ninguna prima de liquidez)

Suponga que se tiene un bono al que le quedan cuatro años de vida a partir de hoy; según la tabla 1, dicho bono proporcionará una rentabilidad de 12,50% anual. Es decir, si su valor nominal es de 100 euros (supongamos que coinciden valor nominal y precio actual del mercado), al final de cada año entregará a su propietario 12,5 euros en concepto de intereses. Vamos a calcular el precio de dicho bono al final del año (P1), con arreglo al siguiente esquema:

$$\begin{array}{c}
 P_1 \quad 12,5 \quad 12,5 \quad 12,5 \quad 112,5 \\
 | \quad | \quad | \quad | \quad | \\
 0 \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4
 \end{array}$$

$$P_1 = \frac{12,5}{1,1212} + \frac{10\% \quad 12,12\% \quad 13,57\% \quad 15,51\%}{(1,1212)(1,1357) + (1,1212)(1,1357)(1,1551)} = 97,4$$



Para calcular la tasa interna de rendimiento ( $r_3$ ) se hace lo siguiente:

$$P_1 = \frac{12,5}{(1 + r_3)} + \frac{12,5}{(1 + r_3)^2} + \frac{12,5 + 100}{(1 + r_3)^3} = 97,45$$

$$r_3 = 13,59\%$$

Por otra parte, ya que hemos estimado el precio a fin de año del bono de cuatro años de plazo, podemos calcular el rendimiento esperado del mismo durante este año con la siguiente formula:

$$E(r) = \frac{\text{Intereses} + E[\text{Precio a fin de año}]}{\text{Precio del mercado actual}} - 1$$

$$E(r) = \frac{12,50 + 97,45}{100} - 1 = 9,95\%$$

### 1.3.3. Rendimiento al Call

Es el rendimiento que se obtendría de un bono si fuese rescatado en la primera fecha de redención (clausula Call). Los flujos de caja para calcular estos bonos son los que resultan si la emisión es redimida en su primera fecha Call. Matemáticamente este rendimiento puede ser expresado si la siguiente manera:

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{Q}{(1 + y)^t} + \frac{M}{(1 + y)^n}$$

Donde:

M=Precio pagado por la redención (Call).

n=Número de periodos hasta la primera fecha Call.

Q= Pago del cupón

y= Rendimiento al vencimiento

## 1.4. PROPIEDADES DEL BONO

### 1.4.1. Relación entre precio y rendimiento del bono

Una de las propiedades fundamentales de los bonos es la relación que existe entre precio y rendimiento. El precio cambia en dirección opuesta al rendimiento requerido debido a que el precio del bono es el valor presente de los flujos de caja (Fabozzi, 1996, p.22).

Cuando el rendimiento requerido aumenta el valor presente de los flujos de caja disminuye por lo tanto el precio del bono disminuye. Lo opuesto ocurre cuando el rendimiento requerido decrece, el valor presente de los flujos de caja aumenta y por lo tanto el precio de los bonos aumenta también (Fabozzi, 1996, p.22).

### 1.4.2. Relación entre tasa cupón, rendimiento requerido y precio

A medida que el rendimiento del mercado cambia la única variable que puede variar para compensar al inversionista por el nuevo riesgo requerido en el mercado es el precio del bono. Cuando la tasa de

cupón es igual al rendimiento requerido, el precio del bono será igual a su valor nominal, en este caso se dice que el bono está a la par a su valor facial (Fabozzi, 1996, p.23).

Cuando un bono se vende a un precio menor que su valor nominal debido a que el rendimiento requerido en el mercado es mayor que la tasa cupón, el bono se venderá con descuento. Por otro lado cuando el bono se vende a un precio mayor que su valor nominal, ya que el rendimiento requerido en el mercado es menor que la tasa cupón, se dice que el bono se venderá con prima (Fabozzi, 1996, p.23).

La relación entre precio, tasa de cupón y rendimiento requerido se puede resumir en el siguiente cuadro:

**Tabla 3: Relación entre tasa cupón, rendimiento requerido y precio.**

Bono con descuento	Tasa cupón	<	Rendimiento requerido	Precio	<	Par
Bono a la par	Tasa cupón	=	Rendimiento requerido	Precio	=	Par
Bono con prima	Tasa cupón	>	Rendimiento requerido	Precio	>	Par

**Fuente: Fabozzi (1996)**

Cuando el rendimiento del bono en el mercado se incrementa por encima de la tasa de cupón en un momento dado, el precio del bono se ajustara a la baja y así el inversionista podrá ganar algún rendimiento adicional. Si esto no ocurre de esta forma, el inversionista no comprara la emisión por que esta ofrece un rendimiento menor de la que ofrece el mercado (Fabozzi, 1996, p.23).

#### **1.4.3. Relación entre el precio del bono y tiempo**

Mientras que la tasa requerida en el mercado no cambie, a medida que el bono se acerca a la fecha de vencimiento el precio del bono tenderá a su valor a la par. Si el bono se vende con prima el precio del bono disminuirá, a medida que se acerque a la fecha de vencimiento. Por otro lado, si el bono se vende a descuento el precio del bono aumentara a medida que se aproxime a la fecha de vencimiento. Por último si el bono se vende a la par, el precio del bono permanecerá constante al acercarse a la fecha de vencimiento (Fabozzi, 1996, p.24).

#### **1.4.4. Razones por las que puede variar el precio de un bono**

Según Fabozzi (1996, p.24) el precio de un bono puede variar por las siguientes razones:

1. Cuando hay un cambio en el rendimiento requerido debido a una modificación de la calidad de crédito del emisor.
2. Cuando hay una variación en el precio de venta de un bono con prima o descuento sin ningún cambio en el rendimiento requerido, simplemente porque el bono se está moviendo a la fecha de vencimiento.
3. Cuando hay un cambio en el rendimiento requerido a causa de un cambio en el rendimiento de bonos comparables (tasas de mercado).

## 1.5. TIPOS DE BONOS

### 1.5.1. Bonos gubernamentales

Tal como lo expone Ross, Westerfield y Jaffe (1995), el prestatario más grande del mundo, por un amplio margen, es el miembro de la familia favorito de todos: el tío Sam. En 2008, la deuda total del gobierno de Estados Unidos era de aproximadamente 9.5 billones de dólares, o más de 30 000 dólares por ciudadano. Cuando el gobierno desea pedir dinero prestado a más de 1 año, vende al público lo que se conoce como pagarés y bonos del Tesoro (de hecho lo hace cada mes). En la actualidad, los pagarés y bonos del Tesoro en circulación tienen vencimientos originales que van de 2 a 30 años.

Aunque la mayor parte de las emisiones del Tesoro de Estados Unidos son sólo bonos con cupón ordinarios, hay dos cosas importantes que debemos recordar. Primero, las emisiones del Tesoro de Estados Unidos, a diferencia de prácticamente todos los demás bonos, no tienen riesgo de incumplimiento porque el Tesoro siempre contara con el dinero para efectuar los pagos. Segundo, las emisiones del Tesoro están exentas del impuesto sobre la renta estatal (aunque no del impuesto sobre la renta federal). En otras palabras, los cupones que uno recibe solo se gravan a nivel federal.

Los gobiernos locales y estatales también piden dinero prestado mediante la emisión de pagarés y bonos municipales, o sólo “munis”. A diferencia de las emisiones del Tesoro, los munis tienen diferentes grados de riesgo de incumplimiento. Lo más curioso de los munis es que sus cupones están exentos del impuesto sobre la renta federal (aunque no necesariamente del impuesto sobre la renta estatal), lo que los vuelve muy atractivos para los inversionistas de altos ingresos que pagan impuestos a la tasa más alta. Debido a este enorme alivio tributario, los rendimientos de los bonos municipales son mucho menores que los rendimientos sobre los bonos gravables.

### 1.5.2. Bonos corporativos

Ross, Westerfield y Jaffe 1995 exponen que aunque las emisiones del Tesoro de Estados Unidos no tienen riesgo de incumplimiento, los bonos municipales enfrentan la posibilidad de incumplimiento. Los bonos corporativos también tienen esa posibilidad de riesgo. Esta posibilidad genera una diferencia entre el rendimiento prometido y el rendimiento esperado de un bono.

Mascareñas Juan (2013), explica que una forma de introducir el riesgo en el análisis del rendimiento esperado de los bonos consiste en multiplicar los cobros esperados por intereses por un coeficiente representativo de la certeza en recibir los mismos (al que denominaremos alfa y que se puede obtener restándole a la unidad la probabilidad de impago) de tal forma que:

Intereses esperados = Intereses prometidos  $\times$  alfa

Donde alfa será siempre un valor comprendido entre cero y la unidad. Por ejemplo, si para el año próximo esperamos recibir 1,25 euros en concepto de intereses y la probabilidad de impago es del 1%, los intereses esperados serán:  $1,25 \times (1 - 0,01) = 1,2375$  euros.

Por supuesto, que otra forma de reducir a condiciones de certeza a la emisión de renta fija empresarial, consiste en añadir una prima de riesgo (p) al rendimiento hasta el vencimiento sin riesgo que consideremos más apropiado (rf) con lo que tendríamos una ecuación del tipo:

$$P = \frac{Q}{(1+k)} + \frac{Q}{(1+k)^2} \cdots \frac{(Q + P_n)}{(1+k)^n}$$

Donde k es igual a rf+p

### 1.5.3. Bonos cupón cero

Ross, Westerfield y Jaffe, (2010) exponen que un bono que no paga ningún cupón se debe ofrecer a un precio mucho más bajo que su valor declarado. Se trata de los bonos cupón cero, o tan sólo bonos cero.

Suponga que Eight-Inch Nails (EIN) Company emite bonos cupón cero a cinco años con un valor nominal de 1 000 dólares. El precio inicial se fija en 508.35 dólares. Es fácil verificar que, a este precio, el bono rinde 14% a su vencimiento. El interés total pagado a lo largo de la vida del bono es 1 000 dólares – 508.35 = 491.65 dólares

**Tabla 4: Gastos de interés para los bonos EIN.**

Año	Valor Inicial	Valor Final	Gasto de interés implícito	Gasto de interés en línea recta
1	\$508.05	\$582.01	\$73.66	\$98.33
2	582.01	666.34	84.33	98.33
3	666.34	762.90	96.56	98.33
4	762.90	873.44	110.54	98.33
5	873.44	1000.00	126.56	98.33
Total			\$491.65	\$491.65

**Fuente: (Ross, Westerfield y Jaffe, 2010)**

Para propósitos fiscales, el emisor de un bono cupón cero deduce el interés cada año, aunque en realidad no se paga ningún interés. De manera similar, el propietario debe pagar impuestos sobre el interés devengado cada año, si bien de veras no recibe ningún interés.

La forma en que se calcula el interés anual sobre un bono cupón cero se rige por la ley de impuestos. Antes de 1982, las corporaciones podían calcular la deducción del interés con base en una línea recta. En el caso de EIN, la deducción anual de interés habría sido:

$$491.65/5 = 98.33 \text{ dólares por año.}$$

Conforme a la ley actual, el interés implícito se determina con la amortización del préstamo. Lo anterior se realiza al calcular primero el valor del bono al principio de cada año. Por ejemplo, después de un año al bono le faltarán cuatro años para su vencimiento, por lo que tendrá un valor de 1 000 dólares/1.078 = 582.01 dólares; el valor dentro de dos años será de 1 000 dólares/1.076 = 666.34 dólares, y así en lo sucesivo. El interés implícito cada año es tan sólo el cambio en el valor del bono para el año. Los valores y los gastos de interés para los bonos de EIN se apuntan en la tabla 3. Observe que, conforme a las antiguas reglas, los bonos cupón cero eran más atractivos porque las deducciones de los gastos de interés eran más grandes durante los primeros años (compare el gasto de interés implícito con el gasto de interés en línea recta).

Conforme a la ley de impuestos estadounidense actual, EIN podría deducir 73.66 dólares en interés pagado el primer año y el propietario del bono pagaría impuestos sobre 73.66 dólares de ingreso gravable (aun cuando en realidad no se hubiera recibido ningún interés). Esta segunda característica

del impuesto hace que los bonos gravables cupón cero sean menos atractivos para los individuos. Sin embargo, todavía son una inversión muy atractiva para los inversionistas exentos de impuestos con obligaciones a largo plazo denominadas en dólares, como fondos de pensión, debido a que el valor futuro del dólar se conoce con relativa certeza.

Algunos bonos son cupón cero sólo durante una parte de sus vidas. Por ejemplo, General Motors tiene una obligación en circulación que vence el 15 de marzo de 2036. Durante los primeros 20 años de su vida no se harán pagos de cupón, pero después de 20 años empieza a pagar cupones a una tasa de 7.75% anual, pagaderos cada seis meses.

#### **1.5.4. Bonos de tasa Flotante**

Ross, Westerfield y Jaffe, 2010 exponen que en el caso de los bonos de tasa flotante (flotadores), los pagos del cupón son ajustables. Los ajustes se vinculan a un índice de tasas de interés, como la tasa de interés de los certificados de la Tesorería o la tasa de bonos de la Tesorería a 30 años.

El valor de un bono de tasa flotante depende de cómo se definan con precisión los ajustes en el pago del cupón. En la mayoría de los casos, el cupón se ajusta con un retraso a alguna tasa básica.

Por ejemplo, supóngase que el 1 de junio se hace un ajuste a la tasa del cupón. El ajuste se podría basar en el promedio simple de los rendimientos de bonos de la Tesorería durante los tres meses anteriores. Además, la mayoría de los flotadores tienen las siguientes características:

1. El tenedor tiene el derecho de redimir su pagaré a la par en la fecha de pago del cupón después de un tiempo especificado. Esto se conoce como cláusula de opción de rescate y se explica en la siguiente sección.
2. La tasa del cupón tiene un piso y un techo, lo cual significa que el cupón está sujeto a un precio mínimo y máximo. En este caso se dice que la tasa del cupón tiene un límite máximo y las tasas superior e inferior en ocasiones se conocen como el collar.

Un tipo de bono de tasa flotante de mucha trascendencia es el bono vinculado a la inflación. Esos bonos tienen cupones que se ajustan de acuerdo con la tasa de inflación (la cantidad del principal también se podría ajustar). La Tesorería de Estados Unidos empezó a emitir esos bonos en enero de 1997. Las emisiones en ocasiones se conocen como “TIPS” o Treasury Inflation-Protected Securities (Valores de la Tesorería Protegidos de la Inflación). Otros países, como Canadá, Israel y Gran Bretaña, han emitido valores similares.

#### **1.5.5. Otros tipos de bonos**

Muchos bonos tienen características inusuales o extravagantes. Los llamados bonos catástrofe, ocat, son un ejemplo notable. En febrero de 2008, Caitlin Group Limited, una empresa de reaseguros emitió 150 millones de dólares en bonos cat (las firmas de reaseguros venden seguros a las compañías aseguradoras). Estos bonos cat eran únicos en tanto que no se basaban en un riesgo específico como un temblor de tierra o un huracán, sino que se activaban si el Caitlin Group perdía más de una cantidad agregada durante cualquier año.

La emisión individual más grande de bonos cat que ha habido hasta la fecha es una serie de seis bonos vendidos por Merna Reinsurance en 2007. Las seis emisiones de bonos debían cubrir varias catástrofes a las que la empresa se enfrentaba debido a sus reaseguros de State Farm. Los seis bonos totalizaban alrededor de 1.2 mil millones de dólares en valor a la par, una porción significativa del récord de 7 mil millones de dólares en bonos cat emitidos durante 2007.

En este punto, los bonos cat podrían parecer muy riesgosos. Por lo tanto, sería sorprendente enterarse de que ya que los bonos cat se emitieron por primera vez en 1997, tan sólo uno no ha sido pagado en su totalidad. Debido al huracán Katrina, los tenedores de bonos en esa emisión perdieron 190 millones de dólares.

Otra posible característica de los bonos es un certificado de acciones. Un certificado de acciones le proporciona al comprador de un bono el derecho a comprar las acciones de capital de la empresa a un precio fijo. Tal derecho sería muy valioso si el precio de las acciones aumentara de manera sustancial (en un capítulo posterior se analiza este tema con gran profundidad). Debido al valor de esta característica, los bonos con certificados de acciones se emiten con frecuencia a una tasa de cupón muy baja.

Como lo ilustran estos ejemplos, en realidad, las características de los bonos sólo están limitadas por la imaginación de las partes implicadas. Por desgracia, hay demasiadas variaciones para que se puedan incluir aquí en forma detallada. Por consiguiente, esta exposición finaliza con algunos de los tipos más comunes.

Los bonos sobre ingresos son similares a los bonos convencionales, aunque los pagos del cupón dependen de los ingresos de la empresa. De manera específica, los cupones se pagan a los tenedores de bonos sólo si el ingreso de la empresa es suficiente. Esto parecería ser una característica atractiva, pero los bonos de ingreso no son muy comunes.

Un bono convertible se puede canjear por un número fijo de acciones de capital en cualquier momento antes de su vencimiento, según lo prefiera el tenedor. Los convertibles son más o menos comunes, pero el número ha disminuido en los años recientes.

Un bono con opción de rescate permite que el tenedor obligue al emisor a recomprar el bono a un precio establecido. Por ejemplo, International Paper Co. tiene bonos en circulación que facultan al tenedor a obligar a International Paper a recomprar los bonos a 100% del valor nominal, siempre y cuando se den ciertos acontecimientos de “riesgo”. Uno de tales sucesos es un cambio en la calificación crediticia por Moody’s o S&P, de grado de inversión a uno más bajo que éste.

Por lo tanto, la característica de opción de rescate es exactamente lo contrario de la cláusula de opción de redención. (Ross, Westerfield y Jaffe, 2010)

## **1.6. RIESGO**

### **1.6.1. Riesgo de tasa de interés**

Para un inversionista que tenga que vender el bono antes de la fecha de vencimiento, un aumento de la tasa de interés significara una pérdida de capital. El riesgo de tasa de interés es una de los mayores riesgos que tiene que enfrentar el inversionista en el mercado de bonos. (Fabozzi 1996, p.5)

Para controlar el riesgo de la tasa de interés, es necesario cuantificarlo usando la medida de duración.

### **1.6.2. Riesgo de reinversión**

Fabozzi (1996) afirma que para calcular el rendimiento al vencimiento de un bono se asume que los flujos de caja obtenidos son reinvertidos a esa misma tasa calculada. El ingreso adicional proveniente de dichas reinversiones depende de los niveles de tasa de interés en el momento de reinversión, para una estrategia dada.

La variabilidad de la tasa de reinversión, a una estrategia dada, debido a un cambio en la tasa de interés del mercado, se le denomina riesgo de inversión. Este tipo de riesgo ocurre cuando los flujos de caja son reinvertidos a una menor tasa de interés que la esperada. Este riesgo será mayor para períodos de tendencia más prolongados y para instrumentos con altos cupones.

Es importante destacar que el riesgo de tasa de interés y el riesgo de reinversión tiene efectos opuestos. El riesgo de tasa de interés es el riesgo de que la tasa de interés aumente, de esta manera el precio del bono tenderá a disminuir. Por otro lado. El riesgo de reinversión es el riesgo que ocurre cuando la tasa de interés disminuye.

### **1.6.3. Riesgo de prepago**

Muchos bonos pueden incluir una provisión que le permite al emisor retirar toda o parte de la emisión antes del vencimiento. El emisor generalmente retiene este derecho para obtener flexibilidad de refinanciamiento del bono en el futuro si la tasa de interés del mercado cae de manera importante y así aprovecharse de un nuevo financiamiento más barato (Fabozzi, 1996, p.6)

Desde el punto de vista del inversionista hay tres desventajas que se ejecute un call ya establecido en la provisiones del bono. Primero los flujos de caja provenientes de un bono con call no siempre se saben con certeza. Segundo debido a que el emisor hace un rescate del bono cuando la tasa de interés cae, el inversionista está expuesto al riesgo de inversión. Finalmente, debido a que el precio del bono probablemente no suba muy por encima del precio a la cual el emisor puede redimir la obligación, la precisión potencial de capital del bono se ve reducida. (Fabozzi, 1996, p.6)

### **1.6.4. Riesgo de Default**

Este tipo de riesgo también se le llama riesgo de crédito, se refiere al riesgo que corre el inversionista, cuando el emisor del bono no está en la capacidad de pagar a tiempo el principal y/o los cupones del instrumento. Este riesgo es medido por los ratings asignados por las calificadoras de riesgo. (Fabozzi, 1996, p.6)

### 1.6.5. Riesgo de inflación

Este riesgo ocurre cuando hay una variación en el flujo de caja de un instrumento debido a la inflación, es también una medida en términos de poder de compra. Los bonos con tasas variables de interés tienen por lo general niveles más bajos de riesgo de inflación, debido a que la tasa de interés se puede ajustar en cierta medida en función de la inflación. (Fabozzi, 1996, p.7)

### 1.6.6. Riesgo de liquidez

El riesgo de liquidez depende de lo fácil que una emisión puede ser vendida cerca o a su valor real. La principal medida de liquidez es el tamaño del spread entre el precio de oferta (bid) y precio de demanda (ask). Mientras más grande sea el spread, mayor será el riesgo de liquidez. Para un inversionista que quiere mantener el bono hasta su fecha de vencimiento, el riesgo de liquidez es menos importante. (Fabozzi, 1996, p.7)

### 1.6.7. Riesgo de volatilidad

Para un inversionista que desee vender el bono antes de la fecha de vencimiento, las variaciones del precio del mismo a lo largo de la vida del instrumento representan un riesgo para el inversionista. Uno de los factores que afectan el precio de un bono es la volatilidad esperada de la tasa de interés. Específicamente el valor de una opción de incremento cuando la volatilidad de los precios se incrementa (Fabozzi, 1996, p.7).

## 1.7. CALIFICACIONES DE BONOS

Con frecuencia, las empresas pagan por la calificación de su deuda. Las dos principales empresas calificadoras de bonos son Moody's y Standard & Poor's (S&P). Las calificaciones de la deuda son una evaluación de la solvencia del emisor corporativo. Las definiciones de solvencia que emplean Moody's y S&P se basan en la probabilidad de que una empresa se declare en suspensión de pagos y la protección que los acreedores tienen en caso de quiebra.

Es importante reconocer que las calificaciones de los bonos se ocupan solo de la posibilidad de incumplimiento de pago. Las calificaciones de bonos se obtienen a partir de información proporcionada por la corporación y otras fuentes. Las clases de calificación e información relacionada con estas se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 5: Calificaciones de los bonos**

		Calificaciones de bonos con calidad de inversión				Calificaciones de bonos de baja calidad, especulativos o "chatarra"					
		Grado alto		Grado medio		Grado bajo		Grado muy bajo			
Moody's	Standard & Poor's	AAA Aaa	AA Aa	A A	BBB Baa	BB Ba	B B	CCC Caa	CC Ca	C C	D
Moody's	S&P										
Aaa	AAA	La deuda calificada Aaa y AAA tiene la calificación más alta. La capacidad de pagar el interés y el principal es sumamente sólida.									
Aa	AA	La deuda calificada Aa y AA tiene capacidad muy sólida de pagar el interés y el principal. Junto con la calificación más alta, este grupo comprende la clase de bonos de grado alto.									
A	A	La deuda calificada A tiene capacidad sólida para pagar el interés y el principal, aunque es un poco más susceptible a los efectos negativos de los cambios en las circunstancias y condiciones económicas que la deuda de las categorías con calificación más alta.									



Baa	BBB	La deuda calificada Baa y BBB se considera que tiene capacidad adecuada para pagar el interés y el capital. Aunque de ordinario exhibe parámetros de protección adecuados, es más probable que las condiciones económicas negativas o las circunstancias cambiantes debiliten la capacidad de pago del interés y el principal de la deuda en esta categoría en comparación con las categorías de más alta calificación. Estos bonos son obligaciones de grado mediano.
Ba; B	BB; B	La deuda calificada en estas categorías se considera, en general, predominantemente especulativa con respecto a la capacidad de pagar en interés y el principal de acuerdo con los términos estipulados en la obligación. BB y Ba indican el grado más bajo de especulación, Ca, CC y C, el grado más alto de especulación. Aunque es probable que dicha deuda tenga cierta calidad y algunas características de protección, las grandes incertidumbres o el riesgo importante de exposición a condiciones adversas superan sus beneficios. En general, las emisiones calificadas con C por Moody's están en suspensión de pagos.
Caa	CCC	
Ca	CC	
C	C	
	D	La deuda calificada D se encuentra en suspensión de pagos y el pago del interés o del principal sufre atrasos.

**Fuente: Ross, Westerfield y Jaffe, 2010**

**Nota:** En ocasiones, tanto en Moody's como S&P aplican ajustes a estas calificaciones. S&P usa signos de más y menos: A+ es la calificación A más alta y A- la más baja. Moody's usa una designación de 1,2 o 3 en la que 1 es la calificación más alta. Moody's no tiene calificación D.

## OPCIONES

### 1.8. CONCEPTO DE OPCIONES

El concepto de opción no es conocido exclusivamente en el campo de las finanzas. Por el contrario, es utilizado mucho en el día a día y significa tener una posibilidad ("tengo la oportunidad de aceptar esta oferta..."). La característica principal de una opción así es que si bien uno puede aprovechar la oportunidad, no es una obligación. Desde este punto de vista, una opción presenta siempre algo positivo. Las mismas características presentan las opciones, cuando se usa bajo la terminología del mundo de las finanzas.

En general, por opción se entiende un contrato, que le garantiza a su comprador una remuneración no negativa de una suma no predeterminada, en un punto fijo en el tiempo. En el peor de los casos, uno no obtendrá ganancia alguna (es decir, se tendrá una remuneración de cero), o bien, se obtendrá una remuneración estrictamente positiva. Al vendedor de la opción se le llama aspirante de la opción, mientras que al comprador se le llama dueño de la opción. (Korn, Elke y Korn, Ralf. Evaluación de Opciones, p.193)

Las opciones se volvieron muy populares en 1973, cuando los matemáticos Black y Scholes lograron deducir una fórmula para la determinación de sus precios. Al mismo tiempo en Chicago, se abrió la "Chicago Board Options Exchange", la cual albergaría especialmente a las opciones. Fue entonces únicamente cuestión de poco tiempo para que el mercado de derivados floreciera. (Korn, Elke y Korn, Ralf. Evaluación de Opciones, p.192)

### 1.9. ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA OPCIÓN

#### 1.9.1. Activo Subyacente

(Hull, 2009), define al activo subyacente al bien sobre el cual se tiene el derecho de compra o venta. Estos pueden ser acciones, divisas, índices, futuros.

### **1.9.2. Ejercicio de la opción**

El acto de comprar o vender el activo subyacente mediante el contrato de una opción se llama ejercicio de la opción.(Ross, Westerfield y Jaffe,2010, p.761)

### **1.9.3. Fecha de vencimiento**

En general, una opción tiene una vida limitada. Se dice que la opción vence al final de su vida. El último día en que se puede ejercer la opción se llama fecha de vencimiento.(Ross, Westerfield y Jaffe,2010, p.761)

### **1.9.4. Opciones americana y europea**

Una opción americana se puede ejercer en cualquier momento hasta, e incluso, la fecha de vencimiento. Una opción europea se puede ejercer sólo en la fecha de vencimiento. (Ross, Westerfield y Jaffe, 2010, p.761).

Mascareñas J y L. Diez de Castro (1994), sostienen que, el tenedor de una opción, tanto si es de compra como de venta puede optar por tres posibles decisiones:

- a) Ejercer el derecho comprando o vendiendo los títulos que la opción le permite.
- b) Dejar pasar la fecha de vencimiento sin ejercer su opción.
- c) Venderla antes de su fecha de vencimiento en el mercado secundario de opciones.

### **1.9.5. Precio de ejercicio (Strike price)**

Es el precio especificado en el contrato al cual puede ejercerse la opción. Las opciones son creadas, según Mascareñas J y L. Diez de Castro (1994), con rangos de precios de ejercicio, que incluye al menos un precio inferior y otro superior al precio actual de la acción subyacente. Denominándose “en dinero” (in the money) cuando el precio de mercado del activo subyacente es superior al precio de ejercicio de la opción de compra, generando un flujo de caja positivo para el tenedor de la opción, si la misma fuera ejercida inmediatamente. Mientras que, cuando la opción es de venta, produciría un flujo de caja negativo si, la misma se ejerciera inmediatamente, denominándose “fuera de dinero” (out of the money). De modo similar ocurre si la opción es de compra o de venta, y el precio actual de la acción subyacente es igual o muy cercano al precio de ejercicio, la opción ha de generar un flujo de caja cero, si la misma es ejercida inmediatamente, esta opción se denominada “a dinero” (at the money).

### **1.9.6. Prima**

Es el precio que se le confiere a la opción, y que se le paga al emisor del derecho, por el riesgo asumido por las posibles variaciones del precio de mercado del activo subyacente.

### **1.9.7. Garantía**

Es aquella que asegura el cumplimiento de la obligación, dado que, el comprador de una opción deseará asegurarse, como lo menciona Mascareñas (2005a), de que el vendedor puede entregarle las

acciones o el dinero (según que sea de compra o de venta) cuando así se lo requiera. La Cámara de compensación es quién garantiza dicha entrega y para ello exige al vendedor que proporcione algún tipo de garantía (margin), esto es con objeto de asegurarse la realización de su obligación. Por ejemplo, se les podría exigir un depósito del 6% del valor de mercado del título, más o menos la cantidad por la que la opciones encuentre in the money o out of the money (dicha garantía se calcula diariamente debido a las fluctuaciones del mercado).

## **1.10. TIPOS DE OPCIONES**

### **1.10.1. Opciones de Compra (Call)**

La adquisición de una opción de compra (call) sobre un determinado título concede a su poseedor el derecho a comprarlo a un precio fijo, ya sea en una fecha futura predeterminada o antes de la misma. La fecha fijada, como límite para ejercer el derecho, es conocida como fecha de expiración o vencimiento (expiration date) y el precio al que se puede ejercer es el precio de ejercicio, o de cierre (strike price). (Mascareñas J. (2005<sup>a</sup>, p.3)

Punto de vista del comprador

(Mascareñas J. (2005<sup>a</sup>) expone el siguiente ejemplo: Supongamos que un inversor desea adquirir una acción de Repsol porque piensa que su cotización va a subir, pero por algún motivo no puede, o no quiere, pagarlos 27 euros que el mercado le demanda, en este caso podría adquirir una opción de compra (call) sobre la misma.

Al adquirir una opción de compra se podrá beneficiar de un aumento en el precio del activo subyacente sin haberlo comprado. Así que el inversor adquiere una opción de compra sobre una acción de Repsol con un precio de ejercicio de, por ejemplo, 27 euros. El precio de mercado de dicha opción (la prima) en ese momento es de 1,3 euros.

El poseedor de la opción de compra sobre Repsol (se dice que tiene una posición larga en opciones de compra porque las posee y una posición corta en acciones porque no las tiene) podrá decidir si ejerce o no la opción. Obviamente, la ejercerá cuando la cotización de la acción supere el precio de ejercicio. Por el contrario, si llegada la fecha de vencimiento de la opción, el precio de ejercicio sigue siendo superior a la cotización (situación out of the money) la opción no será ejercida, debido a que se puede adquirir el activo directamente en el mercado aun precio inferior al de la opción. Si la opción no se ejerce la pérdida máxima será de 1,3 euros.

Los comentarios posteriores se basan sobre el siguiente ejemplo hipotético basado en datos reales: "Supongamos que el precio de una acción de Repsol, en el momento de emitir la opción, es de 27 euros en el mercado de valores madrileño.

El precio de ejercicio (strike price) de la opción de compra europea elegida es también de 27 euros. El comprador de la opción paga una prima de 1,3 euros. La transacción tiene lugar en septiembre y el contrato expira en diciembre."

Resumiendo:

Precio de la acción (S): 27 €

Precio de ejercicio de la opción de compra [X]: 27 €.

Prima [c]: 1,3 €

Vencimiento del contrato: diciembre

El inversor que adquiere una opción de compra sobre dicho activo adquiere el derecho a adquirirlo a un precio de ejercicio especificado (27 €), pero no tiene la obligación de ejercerlo, en la fecha de vencimiento. Por dicho derecho, él o ella paga una prima (1,3 €).

En la fecha de vencimiento del contrato el comprador se puede encontrar, por ejemplo, ante los siguientes casos (por razones de sencillez no se tienen en cuenta en los cálculos posteriores los costes de transacción, ni los impuestos, así como tampoco el valor temporal del dinero):

A] Si el precio de la acción es  $S = 32$  €

El inversor ejerce la opción adquiriendo la acción al precio de ejercicio de 27 € y revendiéndola seguidamente en el mercado al precio de 32 €. Obteniendo los siguientes resultados:

Precio de compra: 27 €

Prima: 1,3 €

Coste total: 28,3 €

Ingreso total: 32 €

Beneficio de la operación: 3,7 €

B] Si el precio de la acción es  $S = 28$  €

El inversor ejerce la opción al precio de ejercicio de 27 € y revende el activo al precio de mercado de 28 €. Obteniendo los siguientes resultados:

Precio de compra 27 €

Prima 1,3 €

Coste total: 28,3 €

Ingreso total: 28 €

Beneficio de la operación: -0,3 €

Claro que si no ejerciese la opción perdería el coste de la misma, es decir, 1,3 € lo que sería, sin duda, peor.

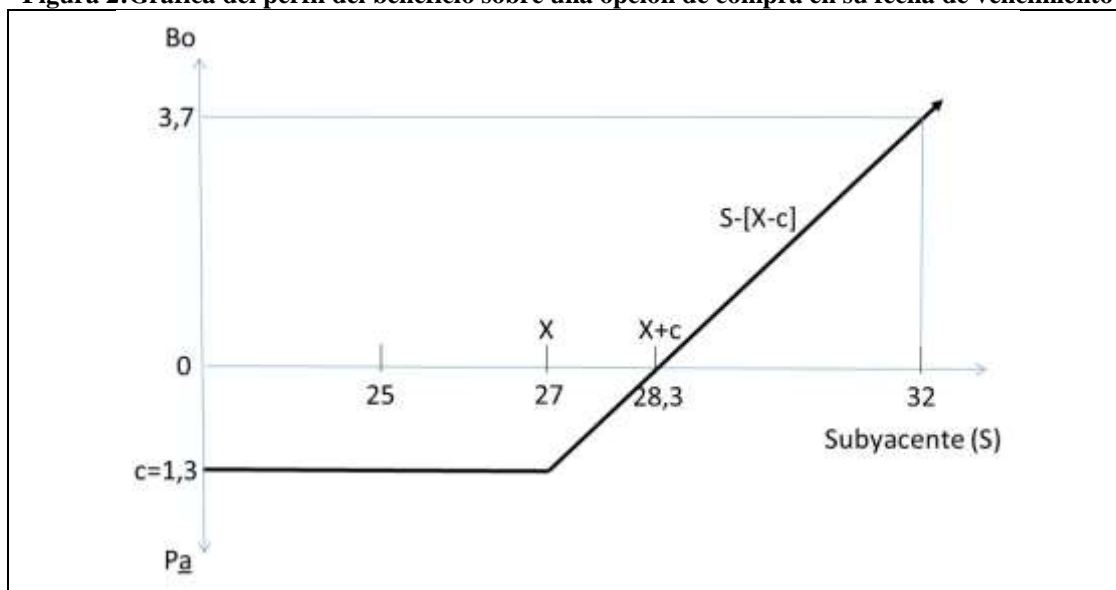
C] Si el precio de la acción es de  $S = 25$  €

El inversor no ejercería la opción y su pérdida sería el valor de la prima, es decir, 1,3 €. Si la ejerce, la pérdida sería aún mayores (2 euros por ejercerla más la prima pagada, es decir, 3,3 euros).

En la figura 2 se muestra la gráfica representativa del beneficio que puede obtenerse a través de una opción de compra y que numéricamente hemos analizado previamente. La principal atracción de esta operación es el alto apalancamiento que proporciona al inversor, puesto que se pueden obtener fuertes ganancias con pequeños desembolsos iniciales y, además, el riesgo está limitado a una cantidad fija: el precio de la opción.

En resumidas cuentas, la máxima pérdida, de la estrategia consistente en adquirir una opción de compra, queda limitada al pago de la prima (c). Mientras que el beneficio, que en teoría puede ser ilimitado, se calculará restándole al precio de mercado en la fecha de vencimiento el precio de ejercicio y la prima ( $\text{Máx}[S-X; 0] - c$ ).

**Figura 2: Gráfica del perfil del beneficio sobre una opción de compra en su fecha de vencimiento**



Fuente: Mascareñas 2005a

#### Punto de vista del emisor

Mascareñas J. (2005<sup>a</sup>) expone que el inversor que emite, o vende, una opción de compra espera que la cotización de la acción subyacente se va a mantener estable, o va a tender a la baja, durante los próximos meses. Su único cobro será el valor de la prima, mientras que sus pagos dependerán de si el precio de ejercicio es inferior, o no, al de mercado durante el periodo de vida de la opción. Si el precio de mercado supera al de ejercicio (situación in the money), el propietario de la opción reclamará la acción a la que tiene derecho, lo que redundará en una pérdida (o menor ganancia) para el emisor. Si ocurre lo contrario, la opción no será ejercida y no habrá que entregarla acción.

Está claro que el emisor de una opción de compra se encuentra en una posición corta en ellas, pero puede estar en posición larga o corta en acciones, según que disponga, o no, de ellas. Si posee la acción subyacente y ésta le es reclamada por el propietario de la opción, no tendrá más que entregarla. Pero si no la posee (posición corta) deberá adquirirla en el mercado y después venderla a un precio inferior al comprador de la opción; cuando se emite una opción de compra sin estar respaldada por el activo subyacente se denomina opción de compra al descubierto (naked call option).

Así que el emisor de una opción de compra (writer) no puede determinar si la misma será ejercida o no. Asume un papel pasivo en espera de la decisión del comprador de la misma. Por todo lo cual, recibe una prima (el precio de la opción), que mejora su rendimiento. Por otra parte, deberá estar preparado para entregar las acciones que le sean solicitadas por parte del poseedor de las opciones en el caso de que éste último desee ejercer su derecho. Veamos a través del mismo ejemplo del epígrafe anterior el caso de la emisión de una opción de compra al descubierto, en la fecha de vencimiento de la misma.

A] Si el precio de la acción es  $S = 32 \text{ €}$

El comprador ejerce la opción al precio de ejercicio de  $27 \text{ €}$ . El vendedor de la opción obtendrá los siguientes resultados:

Precio de venta: 27 €

Prima: 1,3 €.

Ingreso total: 28,3 €

Precio de mercado de la acción: 32 €

Resultado de la operación: - 3,7 €

Así que si el vendedor no posee la acción perderá 3,7 euros. Obsérvese, que si la poseyese y la hubiese comprado el mismo día que emitió la opción le habría costado 27 € y en la fecha de vencimiento le habrían pagado por ella 27 € que sumados a la prima, darían una ganancia para el emisor de 1,3 €. Aunque, claro está, dejaría de ganar 3,7 € más (los 5 euros que hubiera ganado de no haber emitido la opción menos la prima de ésta).

B] Si el precio de la acción es  $S = 28$  €

El comprador ejerce la opción al precio de ejercicio de 27 €. El vendedor de la opción obtendrá los siguientes resultados:

Precio de venta 27 €

Prima 1,3 €.

Ingreso total: 28,3 €

Precio de mercado de la acción: 28 €

Resultado de la operación: 0,3 €

Si el emisor no posee la acción deberá comprarla a 28 euros y venderla a 27 €, pero como en su día recibió una prima de 1,3 € su ganancia será de 0,3 € (que es lo que pierde el comprador -véase el epígrafe anterior). Ahora bien, si la poseyese, y su precio de adquisición hubiera sido de 27 euros, habría obtenido una ganancia total de 2,3 € si la opción fuera ejercida.

En este caso, el comprador debe ejercer el derecho para recuperar parte del precio pagado por la opción, como ya vimos en el epígrafe anterior. Por regla general, éste es el tipo de transacción más interesante para el emisor de opciones de compra (call writer) y suele ocurrir cuando el mercado permanece estable.

C] Si el precio de la acción es  $S = 25$  €

El comprador no ejercerá la opción y la prima será totalmente del emisor. Por otra parte, si éste último hubiera comprado la acción a 27 euros obtendría los siguientes resultados:

Precio inicial de la acción: 27 €

Precio de mercado de la acción: 25 €

Pérdida: 2 €

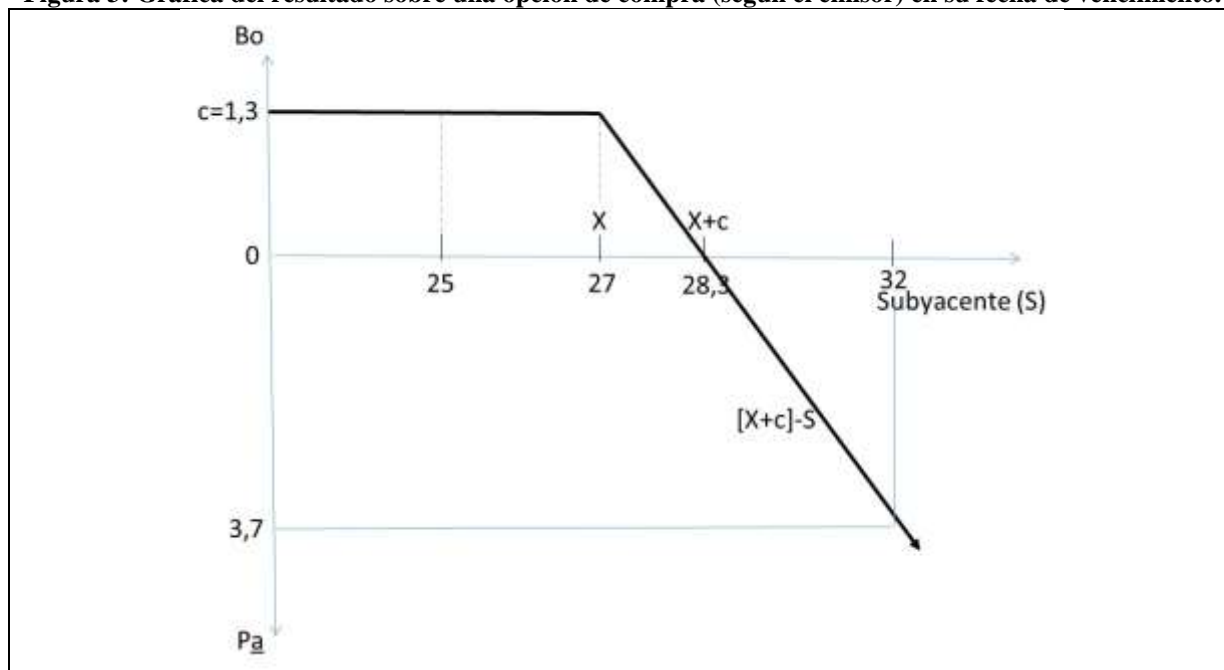
Ingreso por la venta de la opción: 1,3 €

Resultado: - 0,7 €

Así que si el vendedor de la opción desea vender sus acciones en el mercado, en conjunto obtendrá una pérdida final de 70 céntimos de euro en vez de una pérdida de 2 euros si no hubiese emitido la opción pertinente. Así es como se protege del riesgo de pérdidas, teniendo activos (posición larga) y

emitiendo, al mismo tiempo, opciones de compra sobre los mismos (posición corta); en cuyo caso el precio de éstas últimas reducirán sus pérdidas en el caso de una caída del valor de aquéllos.

**Figura 3: Gráfica del resultado sobre una opción de compra (según el emisor) en su fecha de vencimiento.**



Fuente: Mascareñas 2005a

En la figura 3, se muestra la gráfica del resultado de una opción de compra en la fecha de su vencimiento, desde el punto de vista del vendedor.

Como se puede apreciar en dicha figura la máxima ganancia del emisor vendrá dada por la prima de la opción ( $c$ ). Mientras que la pérdida dependerá de la diferencia entre el precio de mercado el día del vencimiento y el precio de ejercicio ( $c - \text{Máx}[S - X; 0]$ ) siempre que dicha diferencia no sea negativa pues, si así fuese, se tomaría un valor nulo para la misma dado que el beneficio máximo para el emisor de la opción es el valor de la prima. Pero si la máxima ganancia está limitada no ocurre lo mismo con las pérdidas que pueden ser ilimitadas, al menos en teoría.

Resumiendo, en esta posición la prima que recibe el emisor aumenta la rentabilidad de su inversión, además, en el caso de que los precios de la acción subyacente suban, la prima reduce la pérdida que el vendedor de la opción hubiese tenido.

### 1.10.2. Opciones de Venta (Put)

Una opción de venta (put) sobre un determinado título concede a su poseedor el derecho a venderlo a un precio fijo, ya sea en una fecha futura predeterminada o antes de la misma. (Mascareñas J. (2005<sup>a</sup>, p.3)

Punto de vista del comprador

Cuando se espera una bajada en los precios de las acciones, la adquisición de una opción de venta (put) puede aportar ingresos con un riesgo limitado. La compra de dicha opción sobre una acción

subyacente asegura contra una caída inesperada de los precios de ésta, aunque también puede ser utilizada con fines especulativos, como puede ser la obtención de ingresos con un mercado a la baja.

Los comentarios posteriores se basan sobre el siguiente ejemplo hipotético:

"Supongamos que el precio de una acción de Repsol, en el momento de emitir la opción, es de 27 euros en el mercado de valores madrileño. El precio de ejercicio (strike price) de la opción de venta elegida es de 27 euros. El comprador de la opción paga una prima de 1,1 euros. La transacción tiene lugar en septiembre y el contrato expira en diciembre."

Resumiendo:

Precio del activo [S]: 27 €

Precio de ejercicio de la opción de venta [X]: 27 €

Prima [p]: 1,1 €

Vencimiento del contrato: diciembre

El comprador de una opción de venta tiene el derecho a vender la acción al precio de ejercicio (27 €) indicado en el contrato o dejar que la opción expire sin ejercerla, dependiendo de la evolución del mercado. Supondremos que el inversor no posee el activo subyacente, así que de interesarle venderlo, previamente deberá adquirirlo al precio de mercado y, seguidamente, se deshará de él a cambio del precio de ejercicio.

A] Si el precio de la acción es  $S = 32$  €

El dueño de la opción la dejará expirar sin ejercerla, siendo sus pérdidas de 1,1 € es decir, el coste de la misma.

B] Si el precio de la acción es  $S = 26$  €

El poseedor de la opción de venta la ejercerá, puesto que si no perderá la totalidad del coste de la misma: 1,1 €

Precio de venta de la acción (X): 27 €

Precio pagado por la opción: - 1,1 €

Ingreso total: 25,9 €

Precio de coste de la acción: 26 €

Resultado de la operación: - 0,1 €

C] Si el precio de la acción es  $S = 20$  €

El poseedor de la opción de venta la ejercerá, puesto que si no perderá la totalidad del coste de la misma: 1,1 €

Precio de venta de la acción (X): 27 €

Precio pagado por la opción: - 1,1 €

Ingreso total: 25,9 €

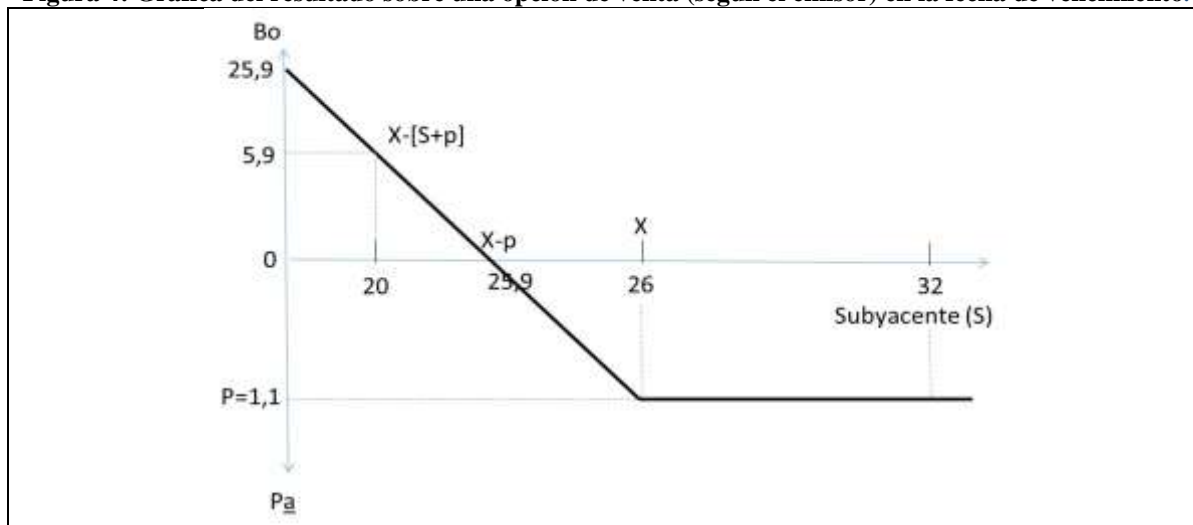
Precio de coste de la acción: 20 €

Resultado de la operación: 5,9 €

En la figura 4 se muestra la gráfica representativa del beneficio que puede obtenerse a través de la posesión (compra) de una opción de venta y que numéricamente hemos analizado previamente (p indica el precio de la opción de venta).



**Figura 4: Gráfica del resultado sobre una opción de venta (según el emisor) en la fecha de vencimiento.**



Fuente: Mascareñas 2005a

En resumen, la máxima pérdida para el comprador de la opción de venta vendrá determinada por el coste de la misma ( $p$ ). Mientras que los resultados de su posición irán mejorando cuanto más descienda el precio de mercado de la acción subyacente ( $\text{Máx} [X-S; 0] - p$ ), hasta llegar a la máxima ganancia que se obtiene cuando la cotización sea nula ( $X-p$ ).

#### Punto de vista del emisor

El emisor de una opción de venta cree que la tendencia del precio de la acción subyacente será neutra o ligeramente alcista y la emisión de este tipo de opción la ofrece la oportunidad de obtener un ingreso en forma de prima.

El vendedor o emisor de una opción de venta deberá adquirir la acción subyacente al precio de ejercicio estipulado (27 euros), si el comprador de la opción la ejerce dentro del plazo al que tiene derecho. Por incurrir en este riesgo recibirá una prima (el precio de la opción de venta: 1,1 euros).

A] Si el precio de la acción es  $S = 32 \text{ €}$

La opción no será ejercida. La acción no le será entregada por el comprador de la opción y el emisor de ésta habrá ganado la prima de 1,1 €.

B] Si el precio de la acción es  $S = 26 \text{ €}$

El propietario de la opción de venta la ejercerá, por lo que entregará al vendedor de la misma su acción al precio de ejercicio de 27 € lo que tendrá los siguientes resultados para el emisor de la misma:

Precio de compra de la acción ( $X$ ): 27 €

Precio cobrado por la opción: - 1,1 €

Gasto total: 25,9 €

Precio de mercado de la acción: 26 €

Resultado de la operación: 0,1 €

C] Si el precio de la acción es  $S = 20 \text{ €}$

El comprador de la opción de venta la ejercerá, por lo que entregará al vendedor de la misma su acción al precio de ejercicio de 27 € lo que tendrá los siguientes resultados para el emisor de la misma:

Precio de compra de la acción ( $X$ ): 27 €

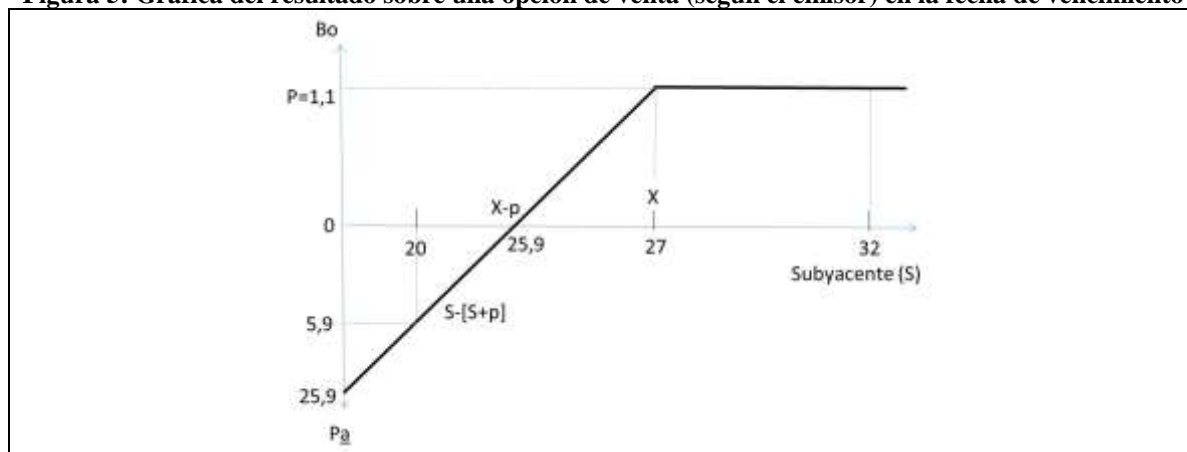
Precio cobrado por la opción: - 1,1 €

Gasto total: 25,9 €

Precio de mercado de la acción: 20 €

Resultado de la operación: 5,9 €

**Figura 5: Gráfica del resultado sobre una opción de venta (según el emisor) en la fecha de vencimiento**

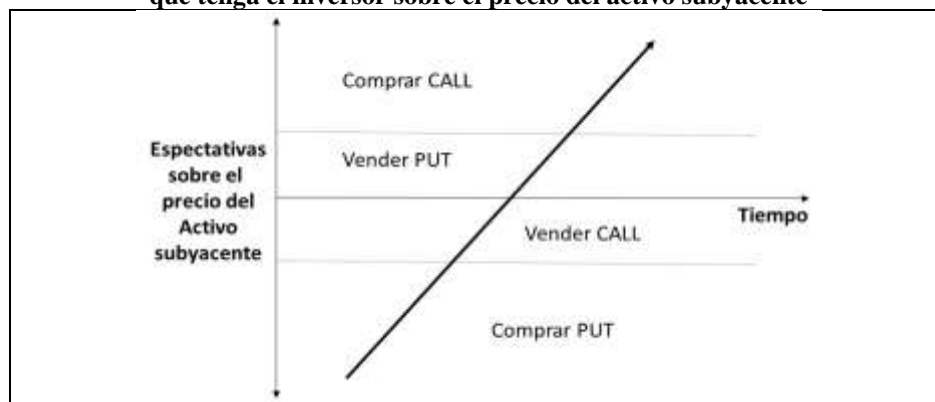


Fuente: Mascareñas 2005a

En la figura 5 se muestra la gráfica de las ganancias o pérdidas de una opción de venta en su fecha de vencimiento. La máxima ganancia para el vendedor de la opción de venta vendrá determinada por el coste de la misma ( $p$ ). Mientras que los resultados de su posición irán empeorando cuanto más descienda el precio de mercado de la acción subyacente ( $p - \text{Máx}[X-S; 0]$ ), hasta llegar a la máxima pérdida que se obtendría en el hipotético caso de que la cotización se anula.

En la figura 6 se muestra un esquema de la utilización de las estrategias simples de las opciones financieras. Así, cuando se espera un fuerte ascenso del valor del activo subyacente se adquirirán opciones de compra y si se esperase un fuerte descenso del mismo se deberían adquirir opciones de venta. Si el valor del activo subyacente va a permanecer estable o ligeramente a la baja, se venderán opciones de compra; y si fuese ligeramente al alza se venderían opciones de venta.

**Figura 6: Resumen de las posiciones simples con opciones según las expectativas que tenga el inversor sobre el precio del activo subyacente**



Fuente: Mascareñas 2005a

## **1.11. FACTORES QUE DETERMINAN EL PRECIO DE UNA OPCIÓN**

El precio de una opción está determinado por seis factores: el valor intrínseco de la acción o del activo subyacente, el precio de ejercicio, la volatilidad del activo subyacente, el tiempo de vida de opción, el tipo de interés libre de riesgo y los dividendos o intereses proporcionados por el activo subyacente. A continuación se describirá como se afectan los precio de las opciones cuando cada uno de los factores varia, mientras los otros permanecen fijos.

### **1.11.1. El valor intrínseco de la acción o del activo subyacente**

Las opciones se derivan de un activo subyacente, por ende, los cambios de valor en el activo subyacente van a afectar el valor de las opciones sobre ese activo. El precio de una opción de compra se verá afectado en la misma proporción que el valor del activo subyacente, donde, un aumento en el valor del activo subyacente aumentará el valor de la opción de compra sobre dicho activo. Mientras que en las opciones de venta, ocurre lo contrario, donde mientras más bajo sea el precio del activo subyacente mayor será el precio de la opción de venta sobre dicho activo.

### **1.11.2. El precio de ejercicio**

El ingreso obtenido al ejercer una opción de compra, viene dado por la diferencia entre el precio de mercado del activo subyacente y el precio de ejercicio a lo largo de la vida de la opción, por ende, cuanto más alto sea el precio del activo subyacente con relación al precio de ejercicio de la opción de compra, mayor será la ganancia aun tomando en cuenta el pago de la prima, donde las opciones de compra tendrán un menor valor cuanto mayor sea el precio de ejercicio (Mascareñas, 2005b). En el caso de una opción de venta, ocurre lo contrario, ya que el ingreso obtenido al ejercer la opción viene dado por la diferencia entre el precio de ejercicio y el precio de mercado del activo subyacente, es por esto, que el precio de la opción de venta tiene mayor valor cuando el precio de ejercicio es menor y las acciones valen más. Y cuando el precio de ejercicio sea mayor, mayor será el precio de la opción de venta.

### **1.11.3. La volatilidad del activo subyacente**

Según Hull (2009), la volatilidad del precio de una acción es una medida de la incertidumbre en cuanto a las variaciones del precio de la acción en el futuro. A medida que la volatilidad aumenta, también aumenta la posibilidad de que el activo subyacente tenga un desempeño muy bueno o rinda muy pocos incrementos. Para el propietario del activo subyacente estos dos resultados se compensan entre si. Sin embargo esto no ocurre así para el propietario de una opción de compra o venta. El propietario de una opción de compra se beneficia con los aumentos de precio y el propietario de una opción de venta se beneficia con las disminuciones de precio. Por consiguiente, los valores de las opciones tanto de compra como de venta se incrementan a medida que la volatilidad aumenta.

### **1.11.4. El tiempo de vida de la opción**

El precio de la opción contempla un elemento temporal, el cual tiende a decrecer cuanto más se aproxima la fecha de expiración del contrato de la opción. Ya que, mientras menos tiempo de vida le quede a la opción menor será su valor, dado que, existen menos posibilidades de que el precio del

activo subyacente supere al precio de ejercicio de la opción de compra o de que el precio del activo subyacente sea inferior al precio de ejercicio de las opciones de venta. A medida que se aproxime la fecha de expiración del contrato de la opción, el valor intrínseco o teórico de la opción tiende a encontrarse con su valor de mercado.

Tal como lo sostiene (Mascareñas, 2005b), un inversor preferirá no ejercer una opción de compra antes de la fecha de expiración del contrato, debido a que, incluso, si el precio de mercado,  $S_0$ , supera al precio de ejercicio,  $X$ , aún hay tiempo para que aquél se incremente aún más. Así mismo, el poseedor de una opción conseguirá un mayor rendimiento vendiéndola en lugar de comprar la acción subyacente correspondiente y enajenándola seguidamente.

#### 1.11.5. El tipo de interés libre de riesgo

Hull (2009) expone que el precio de las opciones se ven afectados de una forma menos clara ante cambios en la tasa libre de riesgo. Cuando la tasa libre de riesgo aumenta, la tasa esperada de rendimiento sobre las acciones tiende a aumentar, mientras que, el valor presente de los flujos de caja futuros que ha de recibir el tenedor de la opción ha de disminuir. Por lo que, ante un aumento de la tasa libre de riesgo los precios de las acciones tienden a bajar generando un aumento del precio de la opción de compra y una baja en el precio de una opción de venta. De la misma forma que una baja de la tasa de interés tiende a aumentar el precio de las acciones generando una baja en el precio de las opciones de compra y un aumento en las opciones de venta.

#### 1.11.6. Los dividendos generados por el activo subyacente

Según Hull (2009) los dividendos repartidos por la acción subyacente afectan los precios de mercado de la acción, lo que repercute en el precio de la opción. Cuando son repartidos los dividendos el precio de la acción se reduce, disminuyendo a su vez el precio de la opción de compra. De forma opuesta ocurre con el precio de la opción de venta, el cual aumentará ante una baja en el precio de mercado del activo subyacente.

**Tabla 6: Relación entre el valor de la opción y los factores que lo definen.**  
**Elaboración propia.**

Factores	Movimiento del Factor	Precio Opción de Compra (Call)	Precio Opción de Venta (Put)
Precio del activo subyacente	↑	↑	↓
Precio de ejercicio	↑	↓	↑
Volatilidad del activo subyacente	↑	↑	↑
Tiempo de vida de la opción	↑	↑	↑
Tasa libre de riesgo	↑	↑	↓
Dividendos repartidos por el activo subyacente	↑	↓	↑

Fuente: Mascareñas 2005b

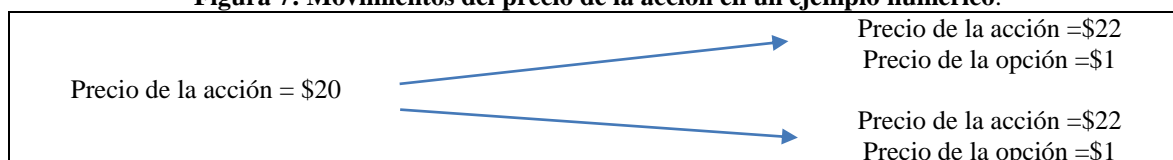
## 1.12. MÉTODOS DE VALORACIÓN DE OPCIONES

Una técnica muy útil y muy popular para valorar una opción implica la construcción de un árbol binomial, el cual consiste en un diagrama que representa las diversas trayectorias que podría seguir el precio de una acción durante la vida de la opción. (Hull 2009, p.247)

### 1.12.1. Modelo binomial de un paso

Hull (2009) Inicia considerando una situación muy sencilla. Actualmente, el precio de una acción es de \$20 y se sabe que al término de tres meses será de \$22 o de \$18. Nos interesa valorar una opción de compra europea para comprar la acción en \$21 en tres meses. Esta opción tendrá uno de los dos valores al final de los tres meses. Si el precio de la acción resulta ser de \$22, el valor de la opción será \$1; si el precio de la acción resulta ser \$18, el valor de la opción será \$0. La figura 7 ilustra esta situación.

**Figura 7: Movimientos del precio de la acción en un ejemplo numérico.**



**Fuente: Hull (2009)**

En este ejemplo se usa un argumento relativamente sencillo para evaluar la opción. El único supuesto necesario es que no haya oportunidades de arbitraje. Creamos una cartera con la acción y la opción de modo que no haya incertidumbre sobre el valor de la cartera al término de los tres meses. Entonces argumentamos que debido a que la cartera no tiene riesgo, el rendimiento que gana debe ser igual a la tasa de interés libre de riesgo. Esto nos permite calcular el costo de la creación de la cartera y, por lo tanto, del precio de la opción. Como hay dos títulos (la acción y la opción sobre la acción) y solo dos resultados posibles, podemos crear una cartera libre de riesgo.

Piense en una cartera que consiste en una posición larga en  $\Delta$  acciones y una posición corta en una opción de compra. Calculemos el valor de  $\Delta$  que hace a la cartera libre de riesgo. Si el precio de la acción sube de \$20 a \$22, el valor de las acciones es de  $22\Delta$  y el valor de la opción es igual a \$1, de tal modo que el valor total de la cartera es de  $22\Delta - 1$ . Si el precio de la acción baja de \$20 a \$18, el valor de las acciones es de  $18\Delta$  y el valor de la opción es de cero, de modo que el valor total de la cartera es de  $18\Delta$ . La cartera está libre de riesgo si el valor de  $\Delta$  se elige de tan manera que el valor final de la cartera sea el mismo para ambas alternativas. Esto significa que:

$$22\Delta - 1 = 18\Delta$$

$$\Delta = 0.25$$

Por lo tanto, una cartera libre de riesgo es larga 0.25 acciones y corta 1 opción.

Si el precio de la acción sube a \$22, el valor de la cartera es  $22 \times 0.25 - 1 = 4.5$

Si el precio de la acción baja a \$18, el valor de la cartera es  $18 \times 0.25 = 4.5$

Independientemente de si el precio de la acción sube o baja, el valor de la cartera es siempre de 4.5 al final de la vida de la opción.

Al no haber oportunidades de arbitraje, las carteras libre de riesgo deben ganar la tasa de interés libre de riesgo. Suponga que, en este caso, la tasa de interés libre de riesgo es de 12% anual. Se deduce que el valor de la cartera el día de hoy debe ser el valor presente de 4.5 o

$$4.5e^{-0.12 \times \frac{3}{12}} = 4.367$$

Se sabe que el valor del precio de la acción el día de hoy es de \$20. Suponga que el precio de la opción se indica como  $f$ . El valor de la cartera el día de hoy es

$$20 \times 0.25 - f = 5 - f$$

Se deduce que

$$5 - f = 4.367$$

$$f = 0.633$$

Esto demuestra que, sin oportunidades de arbitraje, el valor actual de la opción debe ser de 0.633. Si el valor de la opción fuera mayor que esta cifra, la cartera se crearía a un costo menor de 4.367 y ganaría más que la tasa de interés libre de riesgo. Si el valor de la opción fuera menor de 0.633, la venta en corto de la cartera sería un modo de adquirir dinero en préstamo a una tasa más baja que la tasa de interés libre de riesgo.

Podemos generalizar si consideramos una acción cuyo precio es  $S_0$  y una opción sobre la acción cuyo precio actual es  $f$ . Supongamos que la opción tiene una vida de  $T$  y que durante ese tiempo el precio de la acción puede subir de  $S_0$  a un nuevo nivel,  $S_u$ , o bajar de  $S_0$  a un nuevo nivel  $S_d$  ( $u > 1$ ;  $d < 1$ ). El aumento proporcional en el precio de la acción cuando hay una variación al alza es  $u-1$ ; la disminución proporcional cuando hay una variación a la baja es  $1-d$ . Si el precio de la acción sube a  $S_u$ , suponemos que el beneficio obtenido de la opción es  $f_u$ ; si el precio de la acción baja a  $S_d$ , suponemos que el beneficio obtenido de la opción es  $f_d$ . La figura 8 ilustra esta situación.

Igual que antes, imaginemos una cartera que consiste en una posición larga en  $\Delta$  acciones y una posición corta en una opción. Calculemos el valor de  $\Delta$  que hace a la cartera libre de riesgo. Si el precio de la acción sube, el valor de la cartera final de la vida y de la opción es

$$S_u \Delta - f_u$$

Si el precio de la acción baja, el valor de la cartera cambia a

$$S_d \Delta - f_d$$

Ambos son iguales si

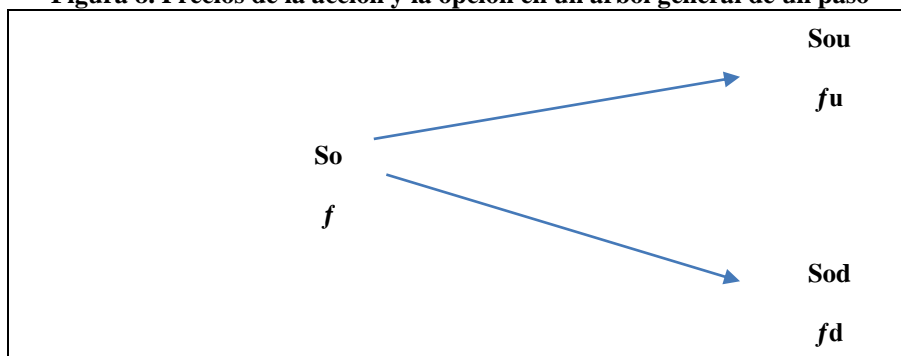
$$S_u \Delta - f_u = S_d \Delta - f_d$$

$$\Delta = \frac{f_u - f_d}{S_u - S_d}$$

Si indicamos la tasa de interés libre de riesgo como  $r$ , el valor presente de la cartera es

$$(S_u \Delta - f_u)e^{-rT}$$

**Figura 8. Precios de la acción y la opción en un árbol general de un paso**



**Fuente: Hull (2009)**

El costo de crear la cartera es  $So\Delta - f$

Se deduce que  $So\Delta - f = (Sou\Delta - fu)e^{-rT}$  o

$$F = So\Delta (1 - ue^{-rT}) + fue^{-rT}$$

$$F = e^{-rT} [p fu + (1-p) fd] \text{ donde}$$

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d}$$

En el ejemplo numérico se tiene  $u=1.1$ ,  $d=0.9$ ,  $r=0.12$ ,  $T=0.25$ ,  $fu=1$  y  $fd=0$

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d} = \frac{e^{0.12 \times 0.25} - 0.9}{1.1 - 0.9} = 0.6523$$

$$F = e^{-rT} [p fu + (1-p) fd] = e^{-0.12 \times 0.25} [0.6523 \times 1 + 0.3477 \times 0] = 0.633$$

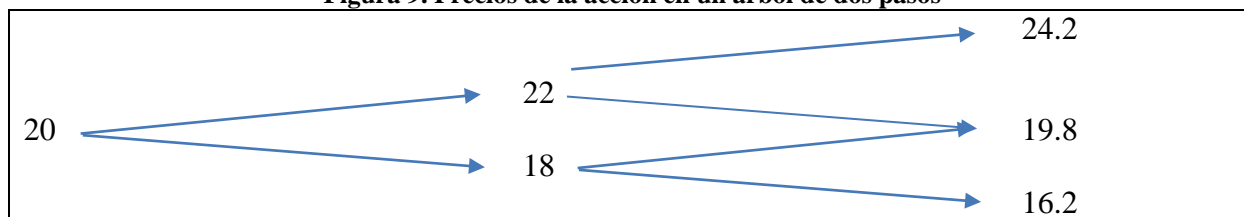
La fórmula para la valuación de opciones no incluye las probabilidades de aumento o disminución del precio de la acción.

### 1.12.2. Modelo binomial de dos pasos

Hull (2009) amplía el análisis a un árbol binomial de dos pasos como el que se muestra en la figura 9. Aquí, el precio de la acción inicia en \$20 y en cada uno de los dos intervalos de tiempo (pasos) debe subir o bajar 10%. Supongamos que cada intervalo dura tres meses y que la tasa de interés libre de riesgo es de 12% anual. Igual que antes, consideremos una opción con un precio de ejercicio de \$21.

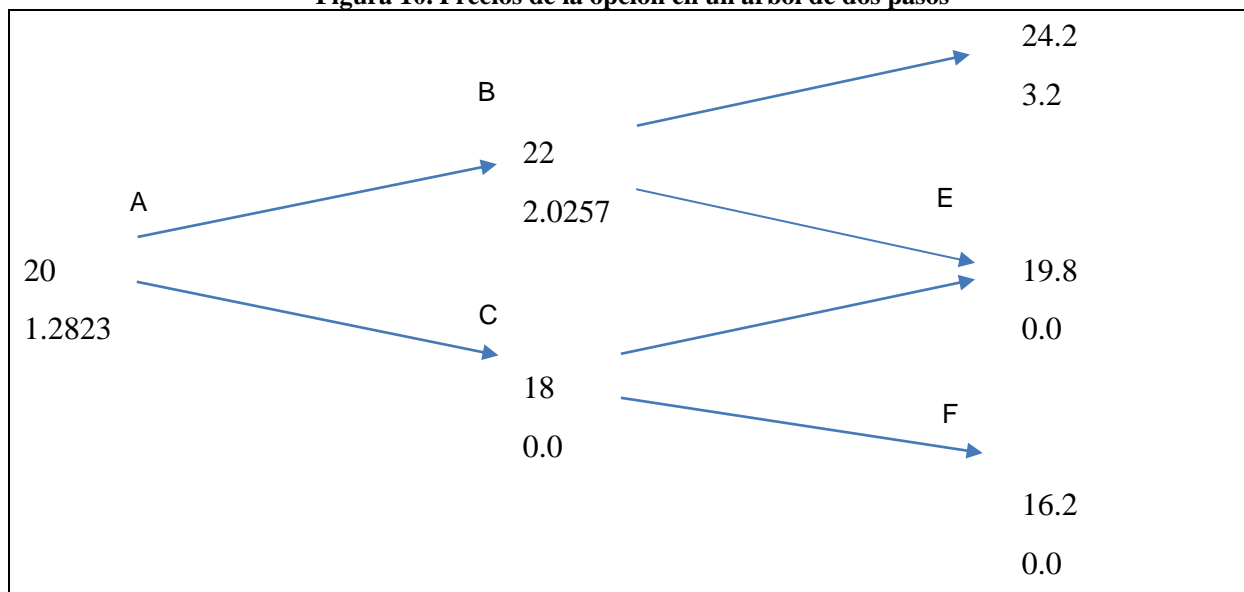
El objetivo del análisis es calcular el precio de la opción en el nodo inicial del árbol. Esto se realiza en forma repetida aplicando los principios que se establecieron anteriormente. La figura 10 muestra los mismos árboles que la figura 9 pero con el precio tanto de la acción como de la opción en cada nodo. Los precios de la opción al final de los nodos del árbol se calculan fácilmente. Estos precios son los beneficios obtenidos de la opción. En el nodo D, el precio de la acción es de 24.2 y el de la opción es de  $24.2 - 21 = 3.2$ ; en los nodos E y F, la opción está out of the money y su valor es cero.

**Figura 9. Precios de la acción en un árbol de dos pasos**



Fuente: Hull (2009)

**Figura 10. Precios de la opción en un árbol de dos pasos**



Fuente: Hull (2009)

En el nodo C, el precio de la opción es cero, debido a que este nodo da lugar al nodo E o al nodo F y en ambos nodos el precio de la opción es cero. Calculamos el precio de la opción en el nodo B centrando nuestra atención en la parte del árbol de la figura 11. Utilizando la notación presentada anteriormente:

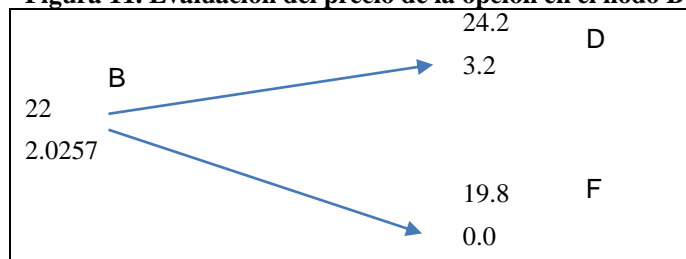
$u=1.1$ ,  $d=0.9$ ,  $r=0.12$  y  $T=0.25$ ,

por lo que  $p=0.6523$

y la ecuación da el valor de la opción en el nodo B como sigue

$$f = e^{-rT} [p f_u + (1-p) f_d] = e^{-0.12 \times 0.25} [0.6523 \times 3.2 + 0.3477 \times 0] = 2.0257$$

**Figura 11. Evaluación del precio de la opción en el nodo B**



Fuente: Hull (2009)

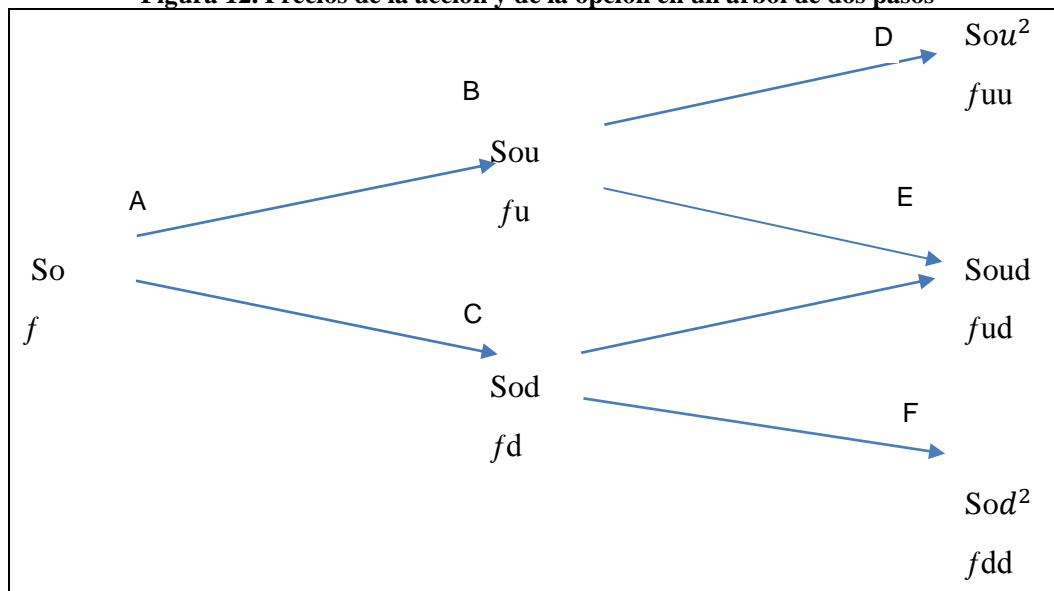
Nos resta calcular el precio de la opción en el nodo inicial A. Hacemos esto centrándonos en el primer intervalo de tiempo del árbol. Sabemos que el valor de la opción en el nodo B es de 2.0257 y que en el nodo C es de cero. Por lo tanto nos da el valor en el nodo A como sigue



$$F = e^{-rT} [p f_u + (1-p) f_d] = e^{-0.12 \times 3/12} [0.6523 \times 2.0257 + 0.3477 \times 0 = 1.2823]$$

Podemos generalizar el caso de dos intervalos de tiempo si consideramos la situación de la figura 12. Inicialmente el precio de la acción es  $S_0$ . Durante cada intervalo de tiempo, aumenta  $u$  veces su valor inicial o disminuye  $d$  veces este valor. En el árbol se muestra la notación para el valor de la opción.

**Figura 12. Precios de la acción y de la opción en un árbol de dos pasos**



Fuente: Hull (2009)

Supongamos que la tasa libre de riesgo es  $r$  y la duración del intervalo de tiempo es  $\Delta t$  años. Puesto que ahora la duración de un intervalo de tiempo es  $\Delta t$  en vez de  $T$ , las ecuaciones se convierten en

$$F = e^{-r\Delta t} [p f_u + (1-p) f_d]$$

$$P = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$$

Si se repite la aplicación de la ecuación nos da

$$F_u = e^{-r\Delta t} [p f_{uu} + (1-p) f_{ud}]$$

$$F_d = e^{-r\Delta t} [p f_{ud} + (1-p) f_{dd}]$$

$$F = e^{-r\Delta t} [p f_u + (1-p) f_d]$$

Sustituimos y obtenemos

$$F = e^{-2r\Delta t} [p^2 f_{uu} + 2p(1-p) f_{ud} + (1-p)^2 f_{dd}]$$

Esto es congruente con el principio de valuación neutral al riesgo mencionado anteriormente. Las variables  $p^2$ ,  $2p(1-p)$  y  $(1-p)^2$  son las probabilidades de que se alcancen los nodos finales, superior, medio e inferior. El precio de la opción es igual a su beneficio esperado en un mundo neutral al riesgo, descontado a la tasa de interés libre de riesgo.

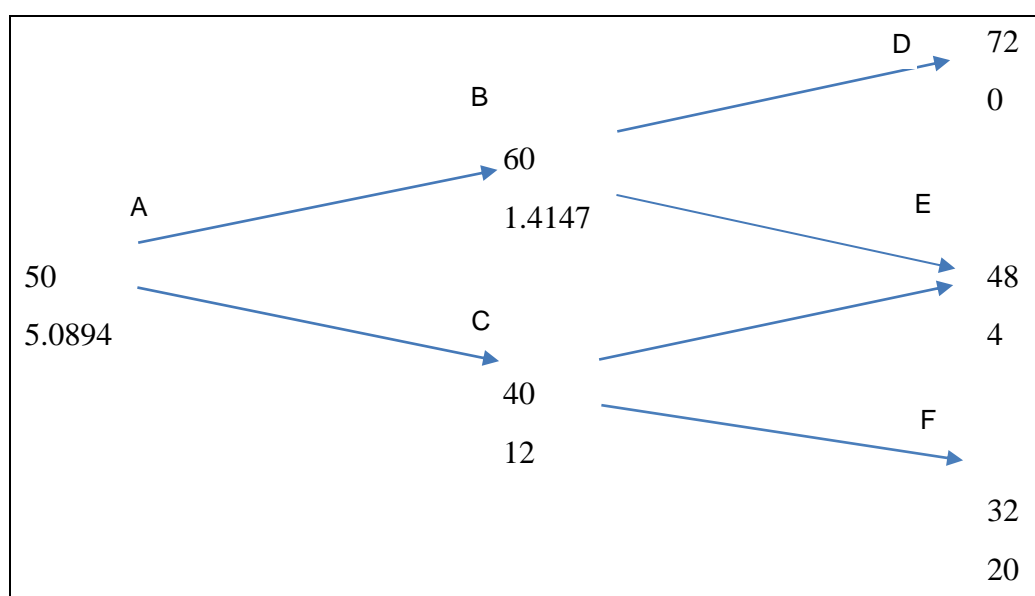
### 1.12.3. Modelo binomial opciones americanas

Hasta este momento, todas las opciones que hemos considerado han sido europeas. Ahora analizaremos como se evalúan las opciones americanas utilizando arboles binomiales, como los de la figura 13. El procedimiento consiste en retroceder a lo largo del árbol desde el fin hasta el inicio, probando cada nodo para ver si el ejercicio anticipado es lo óptimo. El valor de la opción en los nodos finales es igual que para la opción europea. En nodos anteriores el valor de la opción es mayor que:

El valor obtenido con la ecuación  $F = e^{-r\Delta t}[p f_u + (1 - p) f_d]$

El beneficio obtenido del ejercicio anticipado

**Figura 13. Uso del árbol de dos pasos para evaluar una opción de venta americana**



**Fuente: Hull (2009)**

En el nodo B, el valor de la opción es de 1.4147, de acuerdo con la ecuación, en tanto que el beneficio de su ejercicio anticipado es -8. Evidentemente, el ejercicio anticipado no es lo óptimo en el nodo B. En el nodo C, el valor de la opción es de 9.4636, en tanto que el beneficio de su ejercicio anticipado es de 12. En este caso, el ejercicio anticipado es lo óptimo y el valor de la opción en este nodo es de 12. En el nodo A, el valor es:

$$F = e^{-0.05 \times 1} [0.6282 \times 1.4471 + 0.3718 \times 12] = 5.0894$$

Y el beneficio obtenido de su ejercicio anticipado es de 2. En este caso, el ejercicio anticipado no es lo óptimo.

## OBLIGACIONES AMORTIZABLES ANTICIPADAMENTE

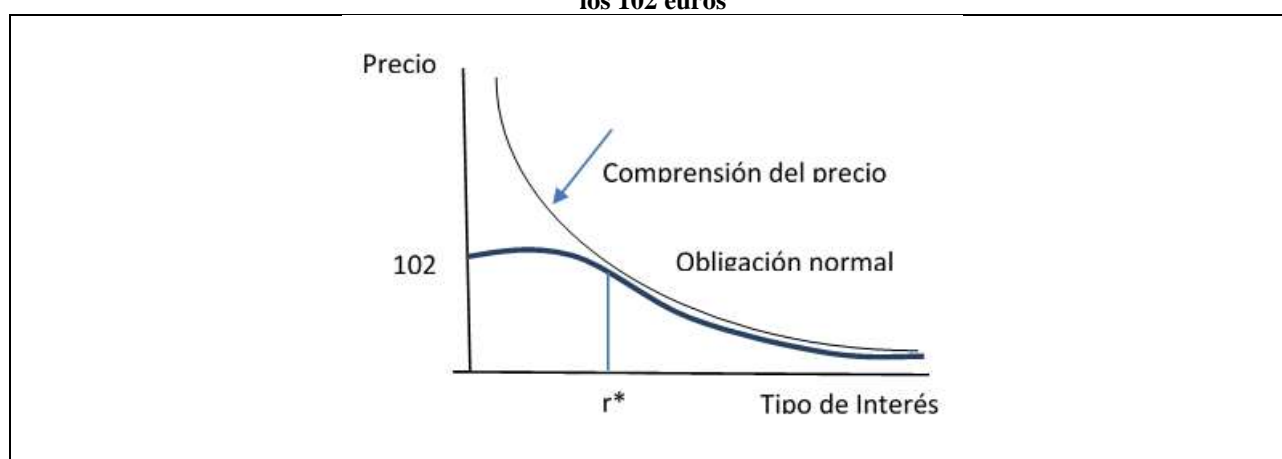
### 1.13. VALORACIÓN DE LAS OBLIGACIONES AMORTIZABLES ANTICIPADAMENTE

Mascareñas Juan (2013) expone que una obligación amortizable o rescatable anticipadamente es aquella en la que su emisor tiene el derecho de recomprarla, a un precio prefijado, antes de su vencimiento. En la figura 14 se observan las curvas precio/rendimiento de una obligación normal y

de una que será amortizada anticipadamente en cuanto su precio de mercado alcance los 102 euros. La curva precio/rendimiento de la obligación normal tiene forma convexa y refleja la relación inversa entre el precio de una obligación y su rendimiento hasta el vencimiento.

Como se observa, mientras los tipos de interés del mercado se mantengan altos no le interesa al emisor retirar anticipadamente las obligaciones, por lo que ambas graficas se asemejan mucho. Pero si los tipos de interés comienzan a descender el máximo precio de mercado que puede alcanzar el bono amortizable es su precio de amortización: 102 euros. Precisamente cuando los tipos de interés son inferiores a un rendimiento determinado  $r^*$  el precio de mercado de la obligación amortizable se separa de la otra curva y tiende hacia el precio de reembolso anticipado; esta parte del grafico tiene una forma que se denomina convexidad negativa y es indicativa de la comprensión del precio de este tipo de obligaciones. En conclusión, si los tipos de interés ascienden el comportamiento de ambos tipos de bonos es el mismo, difiriendo si aquellos descendiesen.

**Figura 14. Curvas precio/rendimiento según que la obligación sea normal o amortizable con anticipación en cuanto a su precio alcance los 102 euros**



Fuente: Mascareñas Juan (2013)

Los inversores en este tipo de bonos salen perjudicados tanto porque el precio del bono tiene un “techo” como porque se ven obligados a correr un riesgo de reinversión cuando el bono es rescatado. Por ello estas obligaciones son emitidas bajo la par o bien se emiten a la par pero pagando un cupón superior.

El enfoque tradicional a la hora de valorar una obligación amortizable anticipadamente consiste en calcular su rendimiento hasta el vencimiento y compararlo con su rendimiento hasta la primera fecha de amortización; eligiendo como rendimiento de aquella el más pequeño de ambos valores. Una extensión de este procedimiento consiste en calcular el rendimiento hasta la fecha de amortización (o hasta cada fecha de pago de los cupones que quedan por recibir), todos ellos se comparan entre sí y con el rendimiento hasta el vencimiento, siendo el más bajo de todos ellos el denominado rendimiento en lo peor (yield at worse), que sería el elegido para realizar el análisis.

#### 1.14. TEORÍA DE OPCIONES PARA VALORAR OBLIGACIONES AMORTIZADAS ANTICIPADAMENTE

Mascareñas Juan (2013) expone que otra forma de enfocar la valoración de una emisión de obligaciones que pudiese ser amortizada prematuramente a discreción de la entidad emisora, consiste en contemplar a dicha inversión de renta fija como una cartera compuesta de dos títulos: uno de ellos será la propia emisión sin tener en cuenta la posible amortización anticipada, mientras que el otro será una opción de compra por parte de la empresa emisora sobre dicho empréstito. Es decir, el inversor posee una posición larga en obligaciones y una posición corta en opciones de compra. El valor neto de ambas posiciones viene dado por el precio de mercado de la obligación amortizable anticipadamente, que aparecerá publicado en la lista de cotizaciones del mercado de valores. El precio de mercado de la emisión será igual a la diferencia entre el precio de la obligación normal y el valor neto de su posición corta en opciones de compra:

$$\begin{array}{l} \text{Precio de la obligación amortizable anticipadamente=} \\ \text{Precio de la obligación normal}-\text{Valor neto de la opción de compra} \end{array}$$

El primer componente (el precio de la obligación normal) aumentara de valor cuando los tipos de interés descendieran pero dicho aumento será contrarrestado y superado por el aumento del valor del segundo componente (la opción de compra) indicativo de la posibilidad real de amortizar anticipadamente la emisión por parte de la compañía al poder refinarla con tipo de interés más bajos. Mientras que si los tipos de interés ascienden, el primer componente descenderá de valor más lentamente que el segundo con lo que el precio del bono se aproximara al de un bono ordinario.

## **CAPITULO II**

## MARCO METODOLOGICO

### 2.1. TIPO DE INVESTIGACION

Las investigaciones enmarcadas dentro del tipo proyectiva según Balestrini, M., (2001): “Están Orientadas a proporcionar respuestas o soluciones a problemas planteados en una determinada realidad: organizacional, social, económica, educativa, etc.”

Esta definición se adapta adecuadamente a este trabajo de investigación, ya que da una solución a un problema enmarcado en el ámbito financiero, donde el objetivo principal es elaborar un modelo de valoración de títulos de renta fija emitidos en el mercado venezolano con opción a recompra bajo condiciones de incertidumbre. El enfoque de la investigación es cuantitativo y de carácter descriptivo. Es descriptivo porque especifica cómo es y cuáles son las características más importantes del proceso de valoración de títulos de renta fija y de opciones.

### 2.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es no experimental, las variables usadas en la investigación no requieren ser manipuladas para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos. El investigador se encargó de la recopilación de datos, de plasmar todos los datos en el trabajo de grado, extraer lo necesario y calcular el valor de un bono venezolano denominado en dólares, sin alterar ninguna de las variables tomadas.

Requiere estudio de campo, dado que la recolección de datos se realizó recopilando datos de fuentes primarias, tomados de la realidad, específicamente datos históricos públicos de los precios y rendimientos de los títulos de renta fija en moneda extranjera USD.

### 2.3. RECOLECCION DE DATOS

Realizando un sondeo de las fuentes de precios que utilizan diferente instituciones financieras en el mercado venezolano y tomando en consideración la disponibilidad y confiabilidad de la información, se estableció que la recolección de datos se realizaría en función a datos publicados en el Banco Mercantil, PDVSA y la Bolsa de Frankfurt.

En lo referido a las operaciones del mercado primario denominadas en moneda extranjera USD, para cada referencia de este tipo de título valor de deuda, se disponen los siguientes datos:

Nombre del Instrumento  
Código del Instrumento: número ISIN  
Emisor  
Vencimiento  
Cupón  
Fecha de pago de intereses  
Valor Nominal

Por otro lado, los datos de las operaciones del mercado secundario utilizados fueron las operaciones de compra y venta definitiva de títulos valores en estudio cuya fuente fue la Bolsa de Frankfurt.

Las herramientas a utilizar son hojas de Excel y Macros, que ayudaran hacer los cálculos correspondientes.

## 2.4. POBLACION Y MUESTRA

La población analizada en este trabajo, fue la referida a los títulos valores de renta fija transados en el mercado financiero venezolano denominados en moneda extranjera USD por lo tanto es una población finita conocida.

La muestra de los datos analizados se concentró en las operaciones realizadas con títulos valores de renta fija con opción de rescate. De toda la población solo 3 bonos tienen estas características y son los PDVSA 2017, PDVSA 2027 y PDVSA 2037.

A continuación se presentan las características de la población:

**Tabla 7: Glosario de Bonos**

<b>BONOS SOBERANOS EN DOLARES</b>						
Nombre	ISIN	Vencimiento	Cupón	Rating	Tipo de Madurez	Emisión
GLOBAL 2016	USP97475AF73	2/26/2016	5.750	CCC-	Al Vencimiento	1,500,057,000
GLOBAL 2018	US922646AT10	8/15/2018	13.625	CCC-	Al Vencimiento	752,811,000
GLOBAL 2018	US922646BE32	8/15/2018	13.625	CCC-	Al Vencimiento	300,000,00
GLOBAL 2018	USP97475AD26	12/1/2018	7.000	CCC-	Al Vencimiento	1,000,000,000
GLOBAL 2019	USP97475AN08	10/13/2019	7.750	CCC-	Al Vencimiento	2,495,963,000
GLOBAL 2020	USP97475AG56	12/9/2020	6.000	CCC-	Al Vencimiento	1,500,057,000
GLOBAL 2022	USP17625AC16	8/23/2022	12.750	CCC-	Amortizable	3,000,000,000
GLOBAL 2023	USP17625AA59	5/7/2023	9.000	CCC-	Al Vencimiento	2,000,000,000
GLOBAL 2024	USP97475AP55	10/13/2024	8.250	CCC-	Al Vencimiento	2,495,963,000
GLOBAL 2025*	XS0217249126	4/21/2025	7.650	CCC-	Al Vencimiento	1,599,817,000
GLOBAL 2026	USP17625AE71	10/21/2026	11.750	CCC-	Al Vencimiento	3,000,000,000
GLOBAL 2027	US922646AS37	9/15/2027	9.250	CCC-	Al Vencimiento	4,000,000,000
GLOBAL 2028	USP17625AB33	5/7/2028	9.250	CCC-	Al Vencimiento	2,000,000,000
GLOBAL 2031	USP17625AD98	8/5/2031	11.950	CCC-	Amortizable	4,200,000,000
GLOBAL 2034	US922646BL74	1/13/2034	9.375	CCC-	Al Vencimiento	1,500,000,000
GLOBAL 2038	USP97475AJ95	3/31/2038	7.000	CCC-	Al Vencimiento	1,250,003,000
GLOBAL 2038	XS0402654148	3/31/2038	7.000	NR	Al Vencimiento	37,500,000

<b>BONOS PDVSA EN DOLARES</b>						
Nombre	ISIN	Vencimiento	Cupón	Rating	Tipo de Madurez	Emisión
PDVSA 2016	XS0460546798	10/28/2016	5.125	NR	Al Vencimiento	1,000,000,000
PDVSA 2017	XS0294364103	4/12/2017	5.250	CCC	Op. Rescate***	3,000,000,000
PDVSA 2017	USP7807HAK16	11/2/2017	8.500	CCC	Amortizable	6,150,000,000
PDVSA 2021	USP7807HAP03	11/17/2021	9.000	CCC	Amortizable	2,394,239,600
PDVSA 2022	USP7807HAM71	2/17/2022	12.750	NR	Amortizable	3,000,000,000
PDVSA 2024	US716558AG66	5/16/2024	6.000	CCC	Amortizable	5,000,000,000
PDVSA 2026	USP7807HAR68	11/15/2026	6.000	CCC	Amortizable	4,500,000,000
PDVSA 2027	XS0294364954	4/12/2017	5.375	CCC	Op. Rescate***	3,000,000,000
PDVSA 2035	USP7807HAQ85	5/17/2035	9.750	CCC-	Amortizable	3,000,000,000
PDVSA 2037	XS0294367205	4/12/2037	5.500	CCC	Op. Rescate***	1,500,000,000

**Fuente: Banco Mercantil**

\*\*\* Op Rescate: Estos bonos poseen una opción de recompra a discreción del emisor en cualquier momento al 100% del valor.

## **2.5. TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Las técnicas tienen que ver con los procedimientos utilizados para la recolección de los datos, es decir, el cómo (Hurtado, 2000). La técnica que se empleó en el trabajo es la revisión documental.

Está según Hurtado (2000), se utiliza cuando se recurre a la información escrita, ya sea bajo la forma de datos que pueden haber sido producto de mediciones hechas por otros, o como textos que en sí mismos constituyen los eventos de estudio.

El instrumento que corresponde a dicha técnica que fue utilizado en la investigación, es la matriz de recolección de datos, que permitió recaudar todos los datos necesarios para la realización del trabajo, en este caso los precios de cierre anual, el cupón, fecha de vencimiento de los bonos PDVSA denominados en dólares con opción de rescate.

## **2.6. PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA OBTENER LOS RESULTADOS**

Para la elaboración de la investigación se siguieron los siguientes pasos:

Primero se realizó una revisión documental sobre la literatura de bonos y opciones. Luego se definieron los criterios de inclusión relevantes para nuestra investigación, así como los criterios de mantenimiento y tratamiento de eventos. Se prosiguió a recopilar la data de los precios de los bonos y de sus características como monto de emisión, fecha de vencimiento, fecha de emisión, valor nominal entre otros. Más adelante se realizaron los cálculos de la volatilidad del bono, curva de rendimiento de los bonos PDVSA, valor del bono, y por último se analizaron los resultados.



## **CAPITULO III**

## METODOLOGIA PARA LA VALORACION

### 3.1. METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN DE BONOS VENEZOLANOS CON OPCIÓN A RECOMPRA

Un enfoque para valorar este tipo de bonos sería calcular el rendimiento al vencimiento y compararlo con su rendimiento hasta la primera fecha de recompra o hasta cada fecha de los pagos de cupones que quedan por recibir. Se elige el rendimiento más pequeño y se calcula el precio del bono con ese rendimiento.

En el caso de los bonos en estudio no se establecen fechas ni precios de recompra si no que el emisor puede rescatar el bono en cualquier momento y siempre al 100% del valor, por esta razón y porque este enfoque no toma en cuenta la teoría de opciones es que no utilizamos este método.

El enfoque que proponemos consiste en contemplar a estos bonos como una cartera compuesta de dos títulos: uno de ellos es la propia emisión sin tomar en cuenta la opción de recompra, mientras que el otro será una opción de compra por parte de la empresa emisora. Es decir, el inversor posee una posición larga en bonos y una posición corta en opciones de compra. Por lo tanto el Precio del Bono = Precio del bono normal – Valor neto de la opción de compra. Para realizar estos cálculos hemos escogido el método de árboles binomiales.

Es esencial para el cálculo de los árboles binomiales conocer la volatilidad del bono, las tasas forward y las probabilidades de incidencia en cada paso del árbol. A continuación se describen cada uno de los pasos:

#### 3.1.1. Calculo de la volatilidad del bono

Se buscan los datos históricos del bono. Precio de cierre anual. Esta información se obtiene en la Bolsa de Frankfurt como sigue:

Bono PDVSA2017

[http://en.boerse-frankfurt.de/bonds/Petr%C3%B3leos\\_de\\_Venezuela\\_SADL-Notes\\_200707-17-Bond-2017-XS0294364103#MasterData](http://en.boerse-frankfurt.de/bonds/Petr%C3%B3leos_de_Venezuela_SADL-Notes_200707-17-Bond-2017-XS0294364103#MasterData)

Bono PDVSA2027

[http://en.boerse-frankfurt.de/bonds/Petr%C3%B3leos\\_de\\_Venezuela\\_SADL-Notes\\_200707-27-Bond-2027-XS0294364954](http://en.boerse-frankfurt.de/bonds/Petr%C3%B3leos_de_Venezuela_SADL-Notes_200707-27-Bond-2027-XS0294364954)

Bono PDVSA2037

[http://en.boerse-frankfurt.de/bonds/Petr%C3%B3leos\\_de\\_Venezuela\\_SADL-Notes\\_200707-37-Bond-2037-XS0294367205](http://en.boerse-frankfurt.de/bonds/Petr%C3%B3leos_de_Venezuela_SADL-Notes_200707-37-Bond-2037-XS0294367205)

A continuación se calcula el rendimiento anual mediante la siguiente formula:

$$r = \frac{p_1 - p_0}{p_0}$$

Donde r es rendimiento y p es el precio del bono.

Luego para conocer la volatilidad anual se calcula la desviación estándar poblacional de los rendimientos anuales mediante la siguiente función:

Función en Excel: =DESVEST.P (C12:C23)

Esta volatilidad anual se tiene que calcular semestral debido a que el pago de los cupones es semestral.

$$(1 + ta) = (1 + ts)^2$$

Donde ta = tasa anual y ts= tasa semestral

### 3.1.2. Calculo de las tasas forward

De la población analizada en este trabajo, se tomó como para el cálculo de las tasas forward los títulos valores de renta fija emitidos por PDVSA debido a que de toda la población solo 3 bonos tienen opción de recompra y son los PDVSA 2017, PDVSA 2027 y PDVSA 2037. Los pasos a seguir son:

Calculo del rendimiento al vencimiento de todos los bonos emitidos por PDVSA denominados en moneda extranjera USD.

Grafica en Excel de la curva de rendimientos con línea de tendencia polinómica de grado 3 para estos bonos.

Con la ecuación de la línea de tendencia calcular la tasa spot de cada año hasta el vencimiento de cada bono.

A partir de la tasa spot calcular la tasa forward como sigue:

$$tf1 = \frac{(1 + ts1)^1}{(1 + ts0)^0} - 1$$

Donde tf = tasa forward y ts = tasa spot

### 3.1.3. Comportamiento futuro de los tipos de interés

Para poder valorar los bonos con opción a recompra tenemos que modelar el comportamiento futuro de las tasas de interés que vamos a emplear para calcular el valor de dichos bonos. Para ello debemos estimar previamente la volatilidad como se explicó anteriormente, además se debe suponer, inicialmente, que hay la misma probabilidad de ascenso que de descenso en el árbol binomial.

Los coeficientes de ascenso ( $u$ ) y de descenso ( $d$ ) se calculan de la siguiente forma:

$$u = e^{\sigma} d = e^{-\sigma} = \frac{1}{d} \frac{u}{d} = \frac{e^{\sigma}}{e^{-\sigma}} = e^{2\sigma}$$

El tipo de interés que se utilizará ( $nr1$ ) se calculó anteriormente con las tasas forward y podrán oscilar entre dos valores  $nr1u$  y  $nr1d$  teniendo en cuenta que ambos tienen la misma probabilidad de ocurrencia y que  $\frac{u}{d} = e^{2\sigma}$ .

$$nr1 = 0.5 nr1u + 0.5 nr1d = 0.5 (nr1u + nr1d) = 0.5 (nr1d e^{2\sigma} + nr1d) = 0.5 nr1d (1 + e^{2\sigma})$$

$$nr1d = nr1 \div [0.5 (1 + e^{2\sigma})]$$

Operando de la misma forma obtendremos el valor de  $nr1d$ :

$$2r1 = 0.25 \cdot 2r1d + 0.52r1d \cdot e^{2\sigma} + 0.252r1d \cdot e^{4\sigma}$$

$$2r1d = 2r1 \div (0.25 + 0.5e^{2\sigma} + 0.25e^{4\sigma})$$

De los años posteriores seria:

$$3r1d = 3r1 \div (0.125 + 0.375e^{2\sigma} + 0.375e^{4\sigma} + 0.125e^{6\sigma})$$

$$4r1d = 4r1 \div (0.0625 + 0.25e^{2\sigma} + 0.375e^{4\sigma} + 0.25e^{6\sigma} + 0.625e^{8\sigma})$$

$$5r1d = 5r1 \div (0.03125 + 0.15625e^{2\sigma} + 0.3125e^{4\sigma} + 0.3125e^{6\sigma} + 0.15625e^{8\sigma} + 0.03125e^{10\sigma})$$

$$6r1d = 6r1 \div (0.015625 + 0.09375e^{2\sigma} + 0.234375e^{4\sigma} + 0.3125e^{6\sigma} + 0.234375e^{8\sigma} + 0.09375e^{10\sigma} + 0.015625e^{12\sigma})$$

$$7r1d = 7r1 \div (0.0078125 + 0.0546875e^{2\sigma} + 0.1640625e^{4\sigma} + 0.2734375e^{6\sigma} + 0.2734375e^{8\sigma} + 0.1640625e^{10\sigma} + 0.0546875e^{12\sigma} + 0.0078125e^{14\sigma})$$

Las probabilidades que se asocian a cada resultado se obtienen mediante la fórmula de distribución binomial en la que p y (1-p) indican las probabilidades de ascenso y descenso.

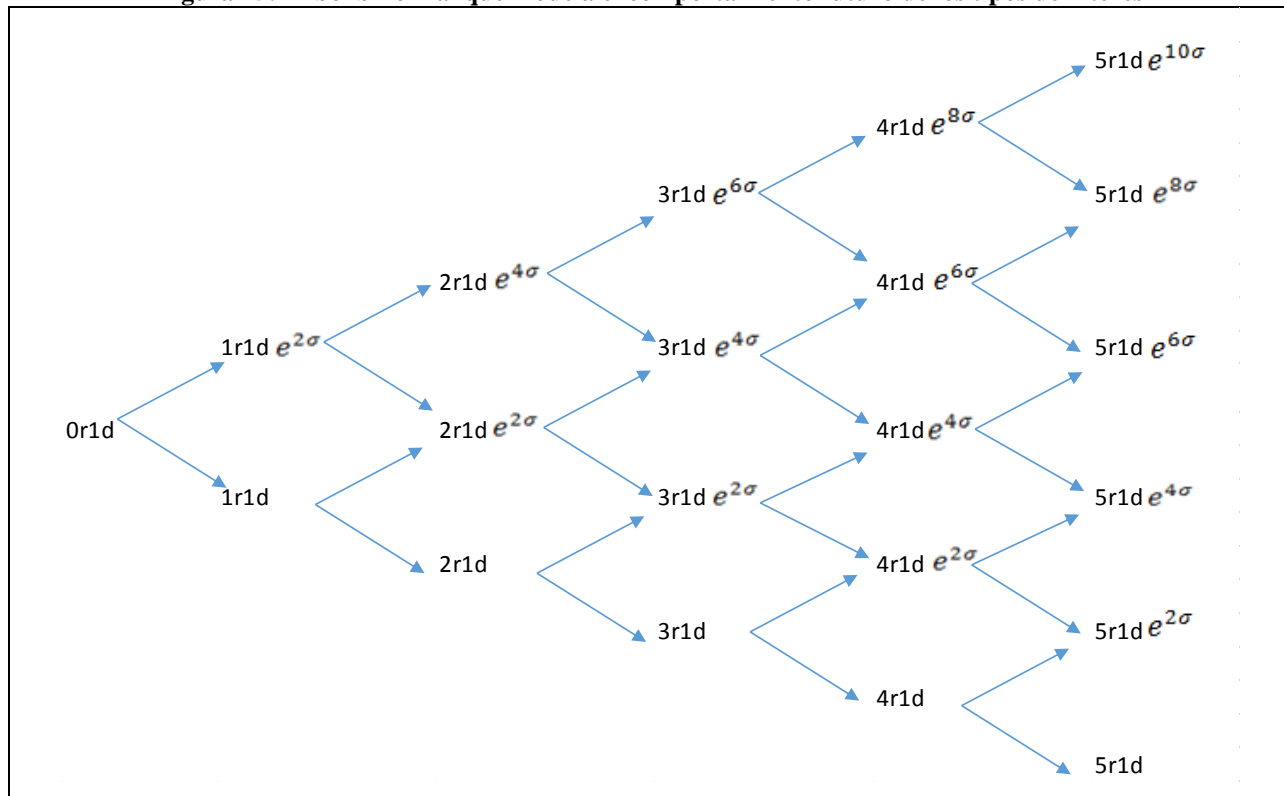
$$\binom{m}{n} p^n (1-p)^{m-n}$$

Se creó una macro en Excel para hacer el cálculo de las probabilidades asociadas.

```
Sub probabilidades()
Dim prob As Single, c As Single, contador As Integer, periodos As Integer, columnas As Integer, filas As Integer, periodoalvenc As Integer
periodoalvenc = ThisWorkbook.Sheets("Datos").Cells(2, 2) + 1
For filas = 5 To 100
ThisWorkbook.Sheets("Datos").Range(Cells(filas, 2), Cells(filas, 50)).ClearContents
Next filas
For columnas = 2 To periodoalvenc
periodos = Cells(4, columnas)
For contador = 0 To periodos
c = WorksheetFunction.Combin(periodos, contador)
prob = c * WorksheetFunction.Power(0.5, periodos - contador) *
WorksheetFunction.Power(0.5, contador)
ThisWorkbook.Sheets("Datos").Cells(contador + 5, columnas) = prob
Next contador
Next columnas
End Sub
```

En la figura 15 aparece el árbol binomial que modela el comportamiento futuro esperado de los tipos de intereses durante 6 periodos.

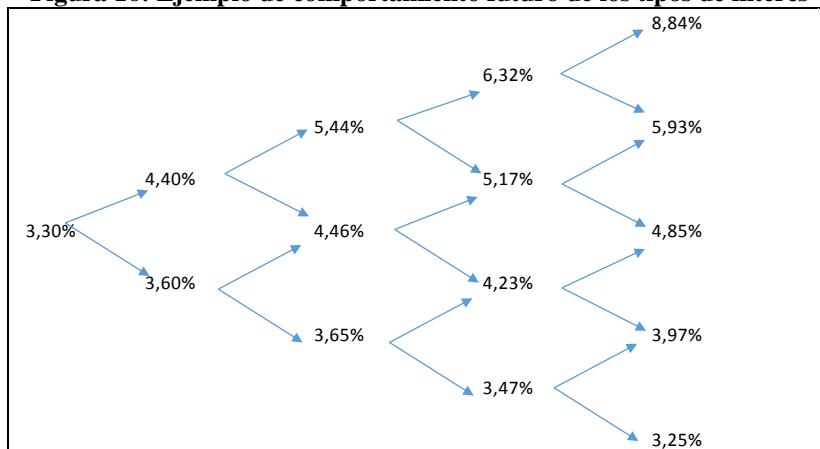
**Figura 15: Árbol binomial que modela el comportamiento futuro de los tipos de intereses**



Fuente: Mascareñas J. (2013)

Supongamos que  $\alpha=10\%$  y que las tasas forward son  $0r1=3,3\%$ ,  $1r1=4,0\%$ ,  $2r1=4,5\%$ ,  $3r1=4,75\%$ ,  $4r1=4,95\%$  aplicando las fórmulas antes descritas, el árbol quedaría como se puede ver en la figura 16.

**Figura 16: Ejemplo de comportamiento futuro de los tipos de intereses**



Fuente: Mascareñas J. (2013)

### 3.1.4. Valoración de los bonos ordinarios

Una vez que se dispone del árbol binomial que modela el comportamiento de los tipos de interes se construye un nuevo árbol comenzando por el final de su vida utilizando la siguiente fórmula para cada nodo del árbol:

$$P_n = \frac{0.5 (Vu_{n+1} + \text{Cupón}) + 0.5 (Vd_{n+1} + \text{Cupón})}{tfn + 1}$$

$P_n$  = Precio en el periodo n

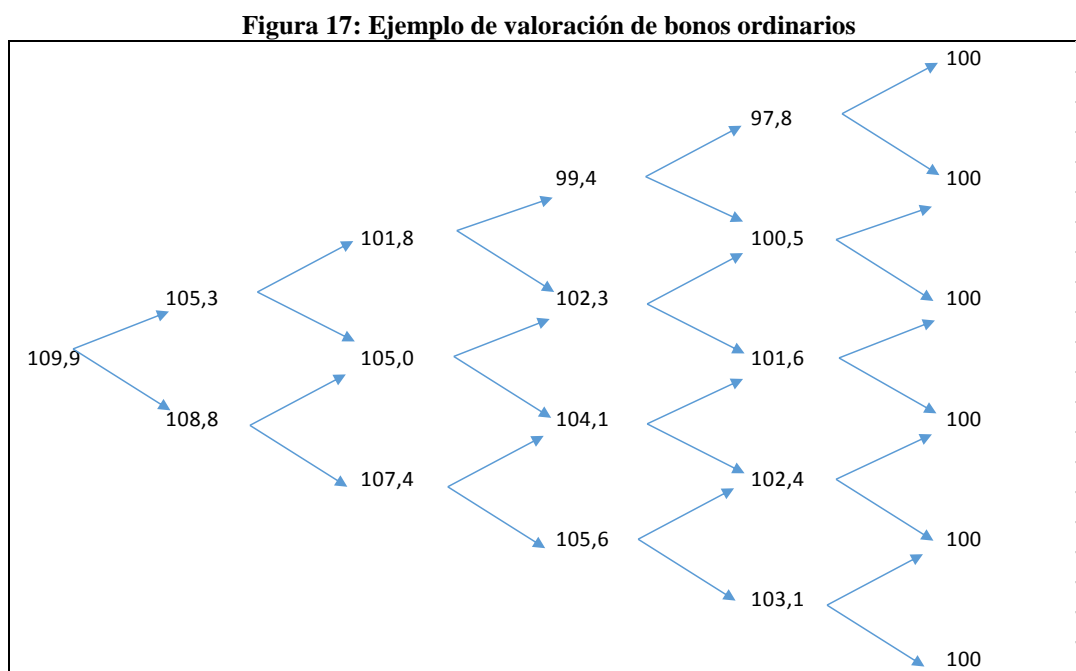
$Vu_{n+1}$  = Valor del nodo superior en el periodo n+1

$Vd_{n+1}$  = Valor del nodo inferior en el periodo n+1

$tfn$  = Tasa esperada calculada en el periodo n en el árbol binomial de la figura 15.

Se repite el procedimiento hasta obtener el valor del bono “excupon” en la actualidad.

Supongamos que se tiene un bono con un cupón de 6,5, el árbol quedaría como se ve en la figura 17, obteniendo el valor del bono en la actualidad de 109,9

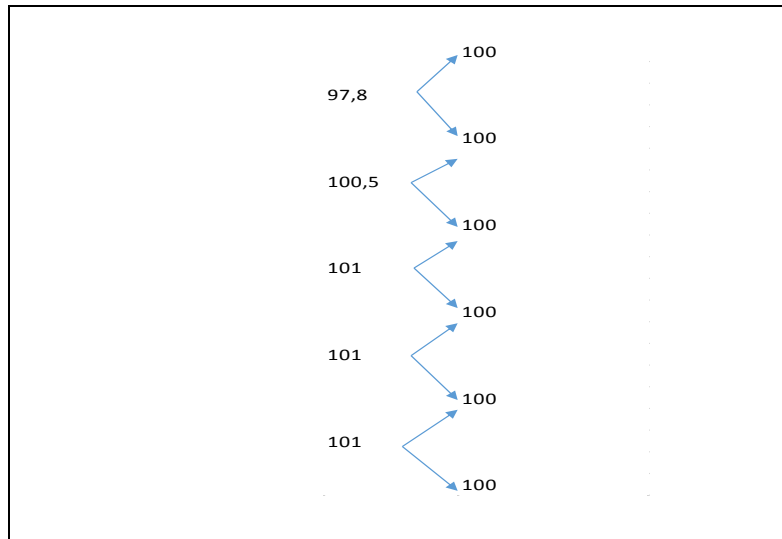


Fuente: Mascareñas J. (2013)

### 3.1.4. Valoración de los bonos rescatables

Suponga que el bono del ejemplo de la figura 17 la empresa emisora lo puede rescatar por 102 al final del periodo 2, por 101,5 al final del periodo 3 y por 101 al final del periodo 4. Esto perjudica a su propietario, así que el valor del bono rescatable debe ser inferior al valor del bono ordinario. Para calcular su valor se utiliza la misma fórmula que para los bonos ordinarios pero ahora cada vez que el bono pueda ser rescatado se escoge el valor más pequeño entre el valor del bono ordinario y el valor de rescate. Por ejemplo, si vemos la figura 17 en el periodo 4 hay 3 valores superiores a 101; en estos 3 casos la empresa emisora decidirá rescatar el bono, por lo tanto el valor será de 101 como lo puede ver en la figura 18.

**Figura 18: Ejemplo del valor de un bono rescatable en el periodo 4**

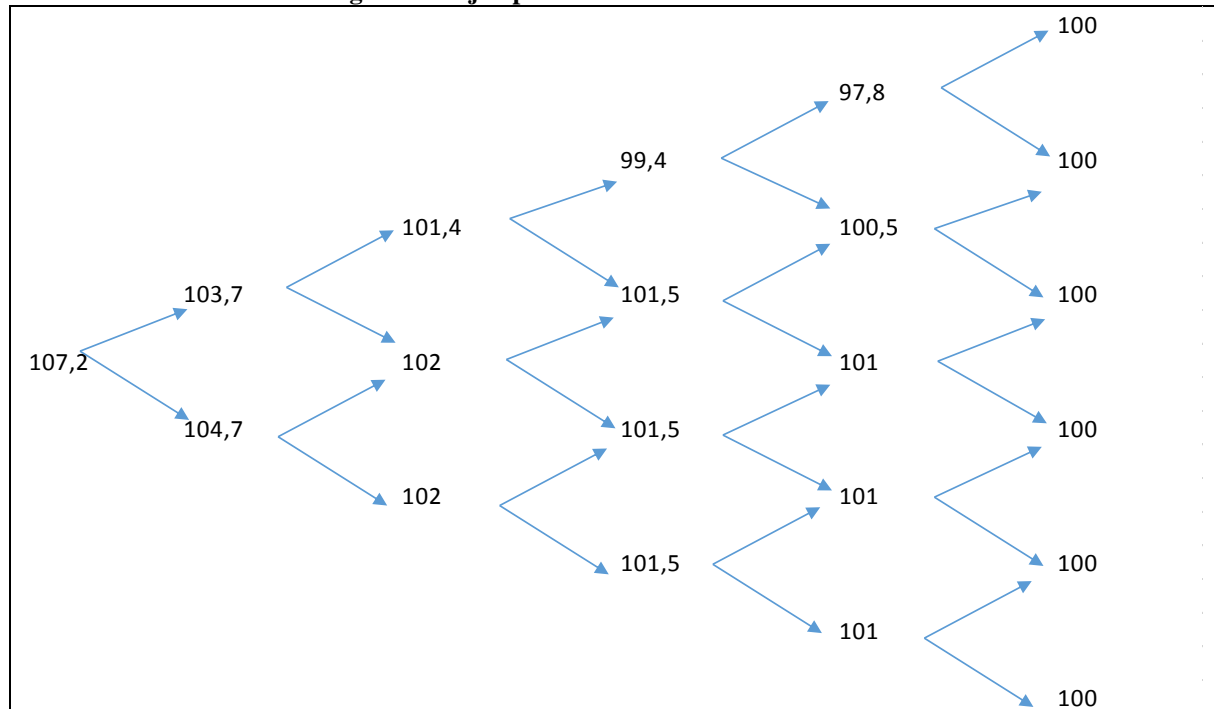


Fuente: Mascareñas J. (2013)

Luego se sigue con el proceso de multiplicar cada valor del bono más el cupón por su probabilidad, tanto en el caso de ascenso del tipo de interes como de descenso y lo actualizamos al año anterior al tipo de tasa forward que corresponda. En la figura 19 está el resultado final obteniendo que el valor del bono rescatable es igual a 107,2.

El valor de la opción de rescate sería la diferencia entre el valor del bono ordinario y el valor del bono rescatable lo cual en este caso sería igual a  $109,9 - 107,2 = 2,7$

**Figura 19: Ejemplo de valor de un bono rescatable**



Fuente: Mascareñas J. (2013)

## **CAPITULO IV**



## RESULTADOS

Siguiendo el procedimiento indicado en el capítulo III se llegaron a los siguientes resultados:

### 4.1. Volatilidad del bono PDVSA 2017

#### 4.1.1. Datos

Fecha	Precio de Cierre
28/12/2007	70.5%
30/12/2008	36%
30/12/2009	56%
28/12/2010	56.7%
30/12/2011	61.1%
30/12/2012	84.6%
30/12/2013	75.6%
30/12/2014	43.5%
28/12/2015	46.9%

#### 4.1.2. Rendimiento anual

Rendimiento
-0.07249467
0.737931034
0.119047619
-0.277777778
-0.072013093
-0.012345679
-0.357142857
0.958333333

#### 4.1.3. Volatilidad

Anual = 44,18%

Semestral = 20,07%

## 4.2. Volatilidad del bono PDVSA 2027

### 4.2.1. Datos

Fecha	Precio de Cierre
28/12/2007	60.5%
30/12/2008	33%
30/12/2009	46.25%
28/12/2010	46.15%
30/12/2011	46.6%
30/12/2012	69%
30/12/2013	53.75%
30/12/2014	35.1%
28/12/2015	34.75%

### 4.2.2. Rendimiento anual

Rendimiento
0.010071942
0.531339031
0.28372093
-0.324637681
-0.009656652
0.002166847
-0.286486486
0.833333333

### 4.2.3. Volatilidad

Anual = 37,25%

Semestral = 17,15%

### 4.3. Volatilidad del bono PDVSA 2037

#### 4.3.1. Datos

Fecha	Precio de Cierre
28/12/2007	58%
30/12/2008	32%
30/12/2009	45%
28/12/2010	46.15%
30/12/2011	45.35%
30/12/2012	67%
30/12/2013	52%
30/12/2014	33.4%
28/12/2015	34.75%

#### 4.3.2. Rendimiento anual

Rendimiento
-0.038848921
0.556886228
0.288461538
-0.323134328
0.017640573
-0.024918743
-0.288888889
0.8125

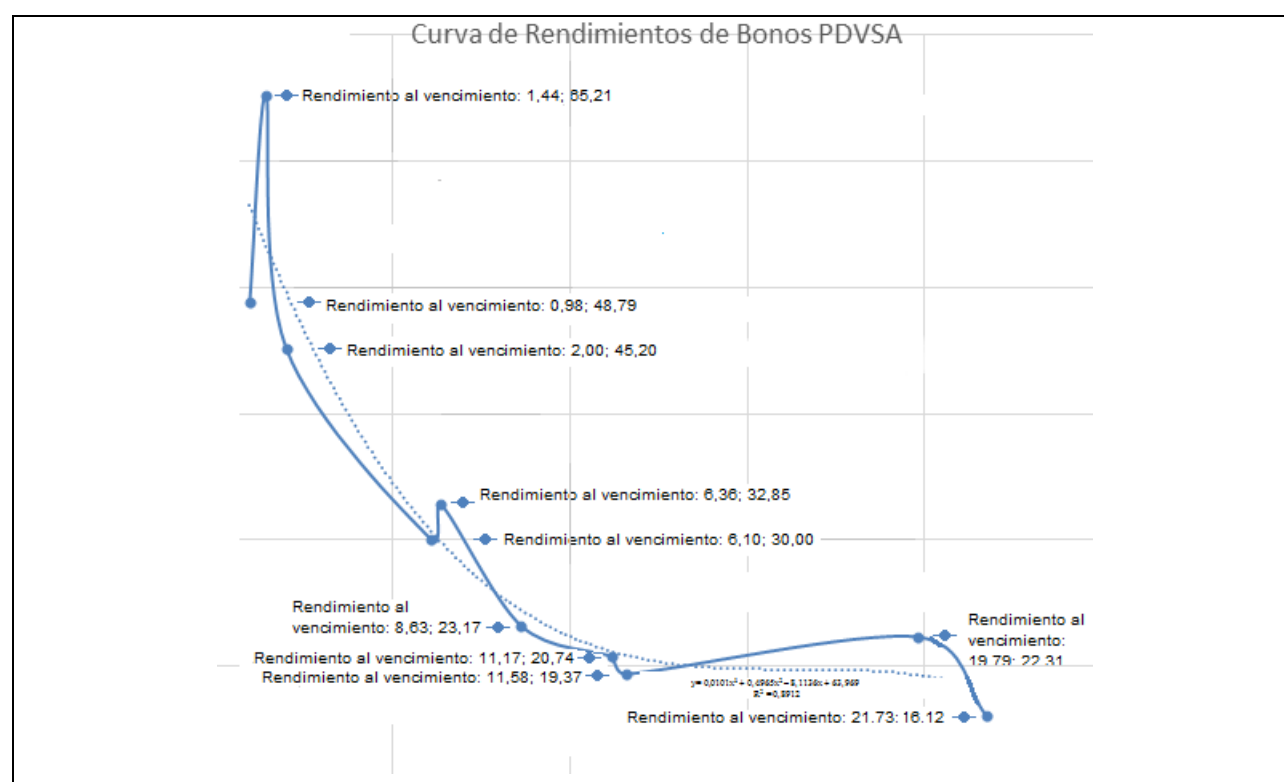
#### 4.3.3. Volatilidad

Anual = 37,40%

Semestral = 17,22%

#### 4.4. Curva de rendimiento de los bonos PDVSA

Nombre del Titulo	Cupón	Fecha Actual	Vencimiento	Tiempo al Vencimiento en Años	Rendimiento al Vencimiento
PDVSA 2016	5.125	12/11/2015	28/10/2016	0.98	48.79
PDVSA 2017	5.250	12/11/2015	12/04/2017	1.44	65.21
PDVSA 2017N	8.500	12/11/2015	02/11/2017	2.00	45.20
PDVSA 2021	9.000	12/11/2015	17/11/2021	6.10	30.00
PDVSA 2022	12.750	12/11/2015	17/02/2022	6.36	32.85
PDVSA 2024	6.000	12/11/2015	16/05/2024	8.63	23.17
PDVSA 2026	6.000	12/11/2015	15/11/2026	11.17	20.74
PDVSA 2027	5.375	12/11/2015	12/04/2027	11.58	19.37
PDVSA 2035	9.750	12/11/2015	17/05/2035	19.79	22.31
PDVSA 2037	5.500	12/11/2015	12/04/2037	21.73	16.12



#### 4.5. Tasas Spot y Forward

Con la ecuación polinómica de la curva de rendimiento se calculó las tasas spot y posteriormente las tasas forward anual.

Años	Tasa Spot Anual	Tasa Forward Anual	
0	0.6397	0.6397	$=(1+0.5634)^{0.5634}/(1+0.6397)^{0.6397}-1$
1	0.5634	0.5634	
2	0.4965	0.4324	
3	0.4382	0.3285	
4	0.3881	0.2480	
5	0.3455	0.1877	
6	0.3098	0.1450	
7	0.2804	0.1172	
8	0.2567	0.1024	
9	0.2380	0.0984	
10	0.2238	0.1034	
11	0.2135	0.1152	
12	0.2065	0.1317	
13	0.2021	0.1508	
14	0.1998	0.1699	
15	0.1989	0.1866	
16	0.1989	0.1982	
17	0.1991	0.2021	
18	0.1989	0.1958	
19	0.1977	0.1771	
20	0.1950	0.1440	
21	0.1900	0.0956	
22	0.1823	0.0311	

#### 4.6. Probabilidades de ocurrencia para el árbol binomial

Los resultados numéricos obtenidos se presentan en la sección de anexos, específicamente en el Anexo 1.

#### 4.7. Valor del bono PDVSA2017

##### 4.7.1. Datos PDVSA2017

	Anual	Semestral
Volatilidad=	44.18%	20.07%
0r1=	63.97%	28.05%
1r1=	56.34%	25.04%
2r1=	43.24%	19.68%

EMISION PDVSA 2017	
Tiempo al Vencimiento=	3
Valor Nominal=	1000
Tasa del Cupón Anual=	5.25%
Cupón Anual=	52.5
Cupón Semestral=	26.25

##### 4.7.2. Comportamiento futuro de las tasas de interés PDVSA2017

Actual	1er Semestre	2do Semestre	3erSemestre
			33.85%
		35.94%	
	30.00%		22.66%
28.05%		24.05%	
	20.08%		15.16%
		16.10%	
			10.15%

#### 4.7.3. Valoración del bono ordinario PDVSA2017

Sem Actual	1er Semestre	2do Semestre	3er Semestre	1000
				26.25
			766.7	
		609.1		1000
				26.25
	530.4		836.7	
484.1\$		717.6		1000
				26.25
	656.9		891.1	
		807.6		1000
				26.25
			931.7	
				1000
				26.25

#### 4.7.4. Valoración del bono rescatable PDVSA2017

Actual	1er Semestre	2do Semestre	3er Semestre	1000
				26.25
			766.7	
		609.1		1000
				26.25
	530.4		836.7	
484.1\$		717.6		1000
				26.25
	656.9		891.1	
		807.6		1000
				26.25
			931.7	
				1000
				52.50
Valor de la opción de rescate = 484,1\$ – 484,1\$ = 0\$				

#### 4.8. Valor del bono PDVSA2027

##### 4.8.1. DatosPDVSA2027

	Anual	Semestral
Volatilidad=	37.25%	17.15%
0r1=	63.97%	28.05%
1r1=	56.34%	25.04%
2r1=	43.24%	19.68%
3r1=	32.85%	15.26%
4r1=	24.80%	11.71%
5r1=	18.77%	8.98%
6r1=	14.50%	7.00%
7r1=	11.72%	5.70%
8r1=	10.24%	5.00%
9r1=	9.84%	4.81%
10r1=	10.34%	5.04%
11r1=	11.52%	5.60%
12r1=	13.17%	6.38%

EMISION PDVSA 2027	
Tiempo Vencimiento=	al 23
Valor Nominal=	1,000
Tasa del Cupón Anual=	5.375%
Cupón Anual=	53.75
Cupón Semestral=	26.88



#### 4.8.2. Comportamiento futuro de las tasas de interés PDVSA2027

El árbol binomial completo obtenido se presenta en la sección de anexos, específicamente en el Anexo 2.

0	1	2	3	4	5	6	7	8
								41.09%
							35.13%	
						39.12%		29.16%
					33.44%		24.99%	
				36.86%		27.76%		20.69%
			31.51%		23.73%		17.69%	
		34.26%		26.16%		19.70%		14.68%
	28.29%		22.36%		16.84%		12.55%	
28.05%		24.31%		18.56%		13.98%		10.42%
	20.08%		15.87%		11.95%		8.91%	
		17.25%		13.17%		9.92%		7.39%
			11.26%		8.48%		6.32%	
				9.35%		7.04%		5.25%
					6.02%		4.49%	
						4.99%		3.72%
							3.18%	
								2.64%

#### 4.8.3. Valoración del bono ordinario PDVSA2027

Valor del bono ordinario PDVSA2027 = 277,49\$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
								158.23
							173.66	
						182.25		257.34
					198.41		279.68	
				207.70		293.50		387.69
			225.16		316.36		416.51	
		236.01		330.77		435.60		538.92
	257.49		354.85		464.48		572.54	
277.49		370.93		483.88		596.03		696.13
	399.42		513.63		629.18		732.38	
		534.55		652.63		758.93		845.34
			686.18		794.28		882.27	
				820.51		910.56		976.98
					946.38		1,013.28	
						1,042.31		1,086.72
							1,121.71	
								1,174.34

Los resultados numéricos obtenidos en todos los nodos del árbol se presentan en la sección de anexos, específicamente en el Anexo 3.

#### 4.8.4. Valoración del bono rescatable PDVSA2027

Valor del bono rescatable PDVSA2027 = 271,74\$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
								158.23
							173.64	
						182.19		257.30
					198.21		279.52	
				207.22		293.04		387.33
			224.1		315.24		415.49	
		234.03		328.48		433.29		536.89
	253.96		350.58		459.83		568.02	
271.74		363.84		475.71		587.47		688.00
	388.21		500.29		614.46		717.38	
		514.72		629.89		734.54		820.80
			653.01		757.52		843.65	
				769.43		855.20		919.39
					871.43		933.37	
						938.78		977.32
							984.21	
								1,000.00

Los resultados numéricos obtenidos en todos los nodos del árbol se presentan en la sección de anexos, específicamente en el Anexo 4.

Valor de la opción de rescate = 277,49\$ – 271,74\$ = 5,76\$

#### 4.9. Valor del bono PDVSA2037

##### 4.9.1. Datos PDVSA2037

	Anual	Semestral
Volatilidad=	37.40%	17.22%
0r1=	63.97%	28.05%
1r1=	56.34%	25.04%
2r1=	43.24%	19.68%
3r1=	32.85%	15.26%
4r1=	24.80%	11.71%
5r1=	18.77%	8.98%
6r1=	14.50%	7.00%

7r1=	11.72%	5.70%
8r1=	10.24%	5.00%
9r1=	9.84%	4.81%
10r1=	10.34%	5.04%
11r1=	11.52%	5.60%
12r1=	13.17%	6.38%
13r1=	15.08%	7.27%
14r1=	16.99%	8.16%
15r1=	18.66%	8.93%
16r1=	19.82%	9.46%
17r1=	20.21%	9.64%
18r1=	19.58%	9.35%
19r1=	17.71%	8.49%
20r1=	14.40%	6.96%
21r1=	9.56%	4.67%
22r1=	3.11%	1.54%

EMISION PDVSA 2037	
Tiempo al Vencimiento=	43
Valor Nominal=	1,000
Tasa del Cupón Anual=	5.500%
Cupón Anual=	55.00
Cupón Semestral=	27.50

#### 4.9.2. Comportamiento futuro de las tasas de interés PDVSA2037

El árbol binomial completo obtenido se presentan en la sección de anexos, específicamente en el Anexo 5.

0	1	2	3	4	5	6	7	8
								41.27%
							35.26%	
						39.24%		29.25%
					33.53%		24.99%	
				36.94%		27.81%		20.73%
			31.56%		23.76%		17.71%	
		34.30%		26.18%		19.71%		14.69%
	28.33%		22.37%		16.84%		12.55%	
28.05%		24.31%		18.55%		13.97%		10.41%
	20.08%		15.85%		11.93%		8.89%	
		17.23%		13.15%		9.90%		7.38%
			11.23%		8.46%		6.30%	
				9.32%		7.02%		5.23%
					5.99%		4.47%	
						4.97%		3.71%
							3.17%	
								2.63%

#### 4.9.3. Valoración del bono ordinario PDVSA2037

Valor del bono ordinario PDVSA2037 = 265,50\$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
								120.06
							135.17	
						145.78		190.60
					163.50		215.81	
				176.41		235.86		293.88
			197.26		264.67		332.09	
		213.13		287.63		364.26		432.93
	239.50		320.22		406.21		485.01	
265.50		346.56		441.07		529.96		603.83
	385.44		486.39		584.61		667.95	
		524.09		630.93		723.79		795.89
			687.37		788.18		867.93	
				843.25		930.87		994.4
					1,000.48		1,069.42	
						1,135.02		1,184.98
							1258.47	
								1,356.64

Los resultados numéricos obtenidos en todos los nodos del árbol se presentan en la sección de anexos, específicamente en el Anexo 6

#### 4.9.4. Valoración del bono rescatable PDVSA2037

Valor del bono rescatable PDVSA2037 = 252,26\$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
								119.74
							134.61	
						144.88		189.42
					162.02		213.87	
				174.09		232.80		290.20
			193.54		259.80		326.23	
		207.45		280.17		355.25		422.80
	230.66		308.68		392.25		469.30	
252.26		329.59		420.30		506.35		578.59
	360.37		455.67		549.32		629.84	
		480.88		580.51		668.39		738.14
			616.78		709.37		784.27	
				736.63		815.33		874.26
					846.19		905.79	
						923.48		963.25
							978.00	
								999.68

Los resultados numéricos obtenidos en todos los nodos del árbol se presentan en la sección de anexos, específicamente en el Anexo 7

Valor de la opción de rescate = 265.50\$-252.26\$=13.24\$

## **CAPITULO V**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación cumplió satisfactoriamente con cada uno de los objetivos planteados. Para el diseño de una metodología de valoración de los bonos venezolanos con opción de recompra primero estudiamos los conceptos básicos y las variables que determinan el valor de un bono y el valor de una opción describiendo los principales métodos de valoración para cada uno. Luego nos basamos en incluir para esta investigación aquellos títulos valores de renta fija transados en el mercado financiero venezolano denominados en moneda extranjera USD. De los datos analizados se concentró en las operaciones realizadas con títulos valores de renta fija con opción de rescate. De toda la población solo 3 bonos tienen estas características y son los PDVSA 2017, PDVSA 2027 y PDVSA 2037.

Debido a que no existe información de la volatilidad de estos bonos, se procedió a realizar el cálculo utilizando los datos históricos de los precios de cada bono, luego por la misma falta de información respecto a la estructura temporal de las tasas de interés la cual predice los movimientos futuros en las tasas de interés procedimos a realizar el cálculo nosotros mismos a través de la ecuación polinómica de grado 3 representada por la curva de rendimiento de todos los bonos de PDVSA, este método es sencillo, puede ser utilizado por cualquier inversionista y es una buena representación dado que los bonos que estamos valorando son emitidos por PDVSA.

Una vez ya calculados la volatilidad y las tasas forward se procedió a generar un árbol binomial del comportamiento futuro de las tasas de interés con el cual a su vez se realizó con el método binomial la valoración ordinaria de cada bono y la valoración del bono de rescate, dando como resultado a la fecha del estudio que la opción de compra del PDVSA2017 =0, PDVSA2027=5,76 y PDVSA2037=13,24.

Si interpretamos todo lo descrito anteriormente en esta investigación podemos concluir lo siguiente:

El precio de los bonos con opción a recompra tienen un límite superior definido por el valor de rescate por lo cual es una desventaja para el inversor, esto pone un límite en el monto que el emisor debe pagar ante la posibilidad de una subida en las tasas de interés.

El inversor de los bonos con opción a recompra corre un riesgo de reinversión cuando el bono es rescatado por el emisor, esto sucede cuando las tasas de interés bajan lo suficiente como para que sea económicamente viable para el emisor reemplazar la emisión existente con cupones altos por unos bonos de cupones menores, o que al devolver el capital al inversionista este tenga el riesgo de tener que reinvertir el mismo en otros títulos con tasas inferiores.

El riesgo que tienen los inversionistas al comprar estos bonos debe verse compensado en la emisión del mismo vendiéndolos por debajo de la par, otra manera de compensar el riesgo para el inversionista es ofreciendo un cupón alto.

Si las tasas de interés ascienden el comportamiento de los bonos ordinarios y de los bonos con opción a recompra es el mismo, mientras que si las tasas de interés descienden se ejecuta la opción y el comportamiento es diferente por lo cual el método de valoración es distinto.

El inversionista con esta información tiene una referencia al momento de negociar este tipo de bonos con opción a recompra en el mercado primario y secundario disminuyendo el riesgo y tomando mejores decisiones pues los factores del mercado que determinan su valor cambian con el tiempo.

Gracias a la creación de este método es recomendable lo siguiente:

El inversionista deberá considerar el impacto de las opciones asociadas a los bonos antes de tomar sus decisiones de inversión.

Debe evaluar el entorno de las tasas de interés debido a que un entorno de tasas decrecientes los bonos con opción de recompra tenderán a generar menores retornos y un entorno de tasas crecientes puede resultar una alternativa ventajosa.

Se desarrolle una aplicación de tal manera que el cálculo se pueda realizar de manera rápida y segura a través de un software diseñado especialmente para este tipo de bonos.



## BIBLIOGRAFÍA

- Hull, John C. 2009, Introducción a los mercados de futuro y opciones, Sexta edición, México, Editorial Pearson Educación (Trabajo original publicado en 2008).
- Korn, Elke y Korn, Ralf. Evaluación de Opciones, Management Mathematics for European Schools, 39 páginas.
- Mascareñas J. (2013): “La valoración de los activos de renta fija”. Universidad Complutense de Madrid
- Ross Stephen, Westerfield Randolph Y Jaffe Jeffrey. (1995 y 2010): “Finanzas Corporativas”, Mc Graw Hill
- Fabozzi F (1996): Bond Markets, Analysis and Strategies. Prentice Hall. New Jersey.
- Mascareñas J. (2005a): “Opciones I: Introducción”. Universidad Complutense de Madrid [Documento en línea]. Disponible: <http://www.ucm.es/info/jmas/infin/op1.pdf>. [Consulta: 2006, Abril 24]
- Mascareñas J. (2005b): “Opciones II: Valoración”. Universidad Complutense de Madrid [Documento en línea]. Disponible: <http://www.ucm.es/info/jmas/infin/op1.pdf>. [Consulta: 2006, Abril 26]
- Mascareñas J. y L. Díez De Castro. (1994): “Ingeniería Financiera”. (2ª ed.). España: Mc Graw Hill.
- Cox J., Ross S. y Rubinstein, M. (1979): “Option Pricing: A Simplified Approach”, Journal of Financial Economics.
- BARTTER, J. B. y R. J. RENDLEMAN (1979): "Two-State Option Pricing", Journal of Finance.
- Hurtado, J. (2000) Metodología de la Investigación Holística. (3ra ed.) Caracas: Fundación Sygal.
- Balestrini, M., (2001): Como se elabora el proyecto de Investigación. Venezuela. Editorial BL Consultores Asociados

## ANEXOS

### ANEXO 1: Probabilidades de ocurrencia para el árbol binomial

Periodo= Probabilidades=	PERIODOS DEL 1 AL 10									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.500	0.500	0.250	0.125	0.063	0.031	0.016	0.008	0.00390625	0.00195313	0.00097656
0.500	0.500	0.250	0.375	0.250	0.156	0.094	0.055	0.03125	0.01757813	0.00976563
		0.250	0.375	0.375	0.313	0.234	0.164	0.109375	0.0703125	0.04394531
			0.125	0.250	0.313	0.313	0.273	0.21875	0.1640625	0.1171875
				0.063	0.156	0.234	0.273	0.2734375	0.24609375	0.20507813
					0.031	0.094	0.164	0.21875	0.24609375	0.24609375
						0.016	0.055	0.109375	0.1640625	0.20507813
							0.008	0.03125	0.0703125	0.1171875
								0.00390625	0.01757813	0.04394531
									0.00195313	0.00976563
										0.00097656

PERIODOS DEL 11 AL 19									
11	12	13	14	15	16	17	18	19	
0.00048828	0.00024414	0.00012207	6.1035E-05	3.0518E-05	1.5259E-05	7.6294E-06	3.8147E-06	1.9073E-06	
0.00537109	0.00292969	0.00158691	0.00085449	0.00045776	0.00024414	0.0001297	6.8665E-05	3.624E-05	
0.02685547	0.01611328	0.00952148	0.0055542	0.00320435	0.00183105	0.0010376	0.00058365	0.00032616	
0.08056641	0.05371094	0.03491211	0.0222168	0.0138855	0.00854492	0.00518799	0.00311279	0.00184822	
0.16113281	0.12084961	0.08728027	0.06109619	0.04165649	0.027771	0.01815796	0.01167297	0.00739288	
0.22558594	0.19335938	0.15710449	0.12219238	0.09164429	0.06665039	0.04721069	0.03268433	0.02217865	
0.22558594	0.22558594	0.20947266	0.18328857	0.15274048	0.12219238	0.09442139	0.07081604	0.05175018	
0.16113281	0.19335938	0.20947266	0.20947266	0.19638062	0.17456055	0.14837646	0.12139893	0.09610748	
0.08056641	0.12084961	0.15710449	0.18328857	0.19638062	0.19638062	0.18547058	0.16692352	0.14416122	
0.02685547	0.05371094	0.08728027	0.12219238	0.15274048	0.17456055	0.18547058	0.18547058	0.17619705	
0.00537109	0.01611328	0.03491211	0.06109619	0.09164429	0.12219238	0.14837646	0.16692352	0.17619705	
0.00048828	0.00292969	0.00952148	0.0222168	0.04165649	0.06665039	0.09442139	0.12139893	0.14416122	
	0.00024414	0.00158691	0.0055542	0.0138855	0.027771	0.04721069	0.07081604	0.09610748	
		0.00012207	0.00085449	0.00320435	0.00854492	0.01815796	0.03268433	0.05175018	
			6.1035E-05	0.00045776	0.00183105	0.00518799	0.01167297	0.02217865	
				3.0518E-05	0.00024414	0.0010376	0.00311279	0.00739288	
					1.5259E-05	0.0001297	0.00058365	0.00184822	
						7.6294E-06	6.8665E-05	0.00032616	
							3.8147E-06	3.624E-05	
								1.9073E-06	

PERIODOS DEL 20 AL 29									
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
9.5367E-07	4.7684E-07	2.3842E-07	1.1921E-07	5.9605E-08	2.9802E-08	1.4901E-08	7.4506E-09	3.7253E-09	1.8626E-09
1.9073E-05	1.0014E-05	5.2452E-06	2.7418E-06	1.4305E-06	7.4506E-07	3.8743E-07	2.0117E-07	1.0431E-07	5.4017E-08
0.0001812	0.00010014	5.5075E-05	3.016E-05	1.6451E-05	8.9407E-06	4.8429E-06	2.6152E-06	1.4082E-06	7.5623E-07
0.00108719	0.00063419	0.00036716	0.00021112	0.00012064	6.8545E-05	3.8743E-05	2.1793E-05	1.2204E-05	6.8061E-06
0.00462055	0.00285387	0.00174403	0.0010556	0.00063336	0.000377	0.00022277	0.00013076	7.6275E-05	4.424E-05
0.01478577	0.00970316	0.00627851	0.00401127	0.00253344	0.0015834	0.0009802	0.00060149	0.00036612	0.0002212
0.03696442	0.02587509	0.01778913	0.01203382	0.00802255	0.00527799	0.00343069	0.00220545	0.00140347	0.00088479
0.07392883	0.05544662	0.04066086	0.02922499	0.02062941	0.01432598	0.00980198	0.00661634	0.00441089	0.00290718
0.12013435	0.09703159	0.07623911	0.05844998	0.04383749	0.03223345	0.02327971	0.01654085	0.01157859	0.00799474
0.16017914	0.14015675	0.11859417	0.09741664	0.07793331	0.0608854	0.04655942	0.03491957	0.02573021	0.0186544
0.17619705	0.1681881	0.15417242	0.1363833	0.11689997	0.09741664	0.07915102	0.06285522	0.04888739	0.0373088
0.16017914	0.1681881	0.1681881	0.16118026	0.14878178	0.13284087	0.11512876	0.09713989	0.07999755	0.06444248
0.12013435	0.14015675	0.15417242	0.16118026	0.16118026	0.15498102	0.14391094	0.12951985	0.11332987	0.09666371
0.07392883	0.09703159	0.11859417	0.1363833	0.14878178	0.15498102	0.15498102	0.14944598	0.13948292	0.12640639
0.03696442	0.05544662	0.07623911	0.09741664	0.11689997	0.13284087	0.14391094	0.14944598	0.14944598	0.14446445
0.01478577	0.02587509	0.04066086	0.05844998	0.07793331	0.09741664	0.11512876	0.12951985	0.13948292	0.14446445
0.00462055	0.00970316	0.01778913	0.02922499	0.04383749	0.0608854	0.07915102	0.09713989	0.11332987	0.12640639
0.00108719	0.00285387	0.00627851	0.01203382	0.02062941	0.03223345	0.04655942	0.06285522	0.07999755	0.09666371
0.0001812	0.00063419	0.00174403	0.00401127	0.00802255	0.01432598	0.02327971	0.03491957	0.04888739	0.06444248
1.9073E-05	0.00010014	0.00036716	0.0010556	0.00253344	0.00527799	0.00980198	0.01654085	0.02573021	0.0373088
9.5367E-07	1.0014E-05	5.5075E-05	0.00021112	0.00063336	0.0015834	0.00343069	0.00661634	0.01157859	0.0186544
	4.7684E-07	5.2452E-06	3.016E-05	0.00012064	0.000377	0.0009802	0.00220545	0.00441089	0.00799474
		2.3842E-07	2.7418E-06	1.6451E-05	6.8545E-05	0.00022277	0.00060149	0.00140347	0.00290718
			1.1921E-07	1.4305E-06	8.9407E-06	3.8743E-05	0.00013076	0.00036612	0.00088479
				5.9605E-08	7.4506E-07	4.8429E-06	2.1793E-05	7.6275E-05	0.0002212
					2.9802E-08	3.8743E-07	2.6152E-06	1.2204E-05	4.424E-05
						1.4901E-08	2.0117E-07	1.4082E-06	6.8061E-06
							7.4506E-09	1.0431E-07	7.5623E-07
								3.7253E-09	5.4017E-08
									1.8626E-09

PERIODOS DEL 30 AL 38								
30	31	32	33	34	35	36	37	38
9.3132E-10	4.6566E-10	2.3283E-10	1.1642E-10	5.8208E-11	2.9104E-11	1.4552E-11	7.276E-12	3.638E-12
2.794E-08	1.4435E-08	7.4506E-09	3.8417E-09	1.9791E-09	1.0186E-09	5.2387E-10	2.6921E-10	1.3824E-10
4.0513E-07	2.1653E-07	1.1548E-07	6.1467E-08	3.2654E-08	1.7317E-08	9.1677E-09	4.8458E-09	2.5575E-09
3.7812E-06	2.0931E-06	1.1548E-06	6.3516E-07	3.4831E-07	1.9048E-07	1.039E-07	5.6534E-08	3.069E-08
2.5523E-05	1.4652E-05	8.3726E-06	4.7637E-06	2.6994E-06	1.5239E-06	8.5718E-07	4.8054E-07	2.6854E-07
0.00013272	7.9121E-05	4.6887E-05	2.763E-05	1.6197E-05	9.448E-06	5.486E-06	3.1716E-06	1.8261E-06
0.000553	0.00034286	0.00021099	0.00012894	7.8284E-05	4.724E-05	2.8344E-05	1.6915E-05	1.0043E-05
0.00189599	0.00122449	0.00078367	0.00049733	0.00031313	0.00019571	0.00012147	7.4909E-05	4.5912E-05
0.00545096	0.00367347	0.00244898	0.00161633	0.00105683	0.00068498	0.00044035	0.00028091	0.00017791
0.01332457	0.00938777	0.00653062	0.0044898	0.00305306	0.00205495	0.00136997	0.00090516	0.00059303
0.0279816	0.02065309	0.01502043	0.01077552	0.00763266	0.00534286	0.00369891	0.00253444	0.0017198
0.05087564	0.03942862	0.03004085	0.02253064	0.01665308	0.01214287	0.00874287	0.00622089	0.00437766
0.08055309	0.06571437	0.05257149	0.04130617	0.03191841	0.02428574	0.01821431	0.01347859	0.00984974
0.11153505	0.09604407	0.08087922	0.06672536	0.05401576	0.04296708	0.03362641	0.02592036	0.01969947
0.13543542	0.12348524	0.10976466	0.09532194	0.08102365	0.0675197	0.0552434	0.04443491	0.03517763
0.14446445	0.13994993	0.13171759	0.12074112	0.10803153	0.09452759	0.08102365	0.06813352	0.05628421
0.13543542	0.13994993	0.13994993	0.13583376	0.12828743	0.11815948	0.10634354	0.09368359	0.08090856
0.11153505	0.12348524	0.13171759	0.13583376	0.13583376	0.1320606	0.12511005	0.11572679	0.10470519
0.08055309	0.09604407	0.10976466	0.12074112	0.12828743	0.1320606	0.1320606	0.12858532	0.12215605
0.05087564	0.06571437	0.08087922	0.09532194	0.10803153	0.11815948	0.12511005	0.12858532	0.12858532
0.0279816	0.03942862	0.05257149	0.06672536	0.08102365	0.09452759	0.10634354	0.11572679	0.12215605
0.01332457	0.02065309	0.03004085	0.04130617	0.05401576	0.0675197	0.08102365	0.09368359	0.10470519
0.00545096	0.00938777	0.01502043	0.02253064	0.03191841	0.04296708	0.0552434	0.06813352	0.08090856
0.00189599	0.00367347	0.00653062	0.01077552	0.01665308	0.02428574	0.03362641	0.04443491	0.05628421
0.000553	0.00122449	0.00244898	0.0044898	0.00763266	0.01214287	0.01821431	0.02592036	0.03517763
0.00013272	0.00034286	0.00078367	0.00161633	0.00305306	0.00534286	0.00874287	0.01347859	0.01969947
2.5523E-05	7.9121E-05	0.00021099	0.00049733	0.00105683	0.00205495	0.00369891	0.00622089	0.00984974
3.7812E-06	1.4652E-05	4.6887E-05	0.00012894	0.00031313	0.00068498	0.00136997	0.00253444	0.00437766
4.0513E-07	2.0931E-06	8.3726E-06	2.763E-05	7.8284E-05	0.00019571	0.00044035	0.00090516	0.0017198
2.794E-08	2.1653E-07	1.1548E-06	4.7637E-06	1.6197E-05	4.724E-05	0.00012147	0.00028091	0.00059303
9.3132E-10	1.4435E-08	1.1548E-07	6.3516E-07	2.6994E-06	9.448E-06	2.8344E-05	7.4909E-05	0.00017791
	4.6566E-10	7.450580+AG	6.1467E-08	3.4831E-07	1.5239E-06	5.486E-06	1.6915E-05	4.5912E-05
		2.3283E-10	3.8417E-09	3.2654E-08	1.9048E-07	8.5718E-07	3.1716E-06	1.0043E-05
			1.1642E-10	1.9791E-09	1.7317E-08	1.039E-07	4.8054E-07	1.8261E-06
				5.8208E-11	1.0186E-09	9.1677E-09	5.6534E-08	2.6854E-07
					2.9104E-11	5.2387E-10	4.8458E-09	3.069E-08
						1.4552E-11	2.6921E-10	2.5575E-09
							7.276E-12	1.3824E-10
								3.638E-12

PERIODOS DEL 38 AL 43				
39	40	41	42	43
1.819E-12	9.0949E-13	4.5475E-13	2.2737E-13	1.1369E-13
7.0941E-11	3.638E-11	1.8645E-11	9.5497E-12	4.8885E-12
1.3479E-09	7.0941E-10	3.7289E-10	1.9577E-10	1.0266E-10
1.6624E-08	8.9858E-09	4.8476E-09	2.6102E-09	1.403E-09
1.4961E-07	8.3119E-08	4.6052E-08	2.545E-08	1.403E-08
1.0473E-06	5.9845E-07	3.4079E-07	1.9342E-07	1.0943E-07
5.9347E-06	3.491E-06	2.0447E-06	1.1928E-06	6.9309E-07
2.7978E-05	1.6956E-05	1.0224E-05	6.1342E-06	3.6635E-06
0.00011191	6.9944E-05	4.345E-05	2.6837E-05	1.6486E-05
0.00038547	0.00024869	0.00015932	0.00010138	6.4111E-05
0.00115641	0.00077094	0.00050982	0.00033457	0.00021798
0.00304873	0.00210257	0.00143676	0.00097329	0.00065393
0.0071137	0.00508121	0.00359189	0.00251432	0.00174381
0.01477461	0.01094415	0.00801268	0.00580229	0.00415831
0.02743855	0.02110658	0.01602537	0.01201902	0.00891066
0.04573092	0.03658474	0.02884566	0.02243551	0.01722727
0.06859639	0.05716365	0.0468742	0.03785993	0.03014772
0.09280688	0.08070163	0.06893264	0.05790342	0.04788167
0.11343062	0.10311875	0.09191019	0.08042142	0.06916241
0.12537068	0.11940066	0.1112597	0.10158494	0.09100318
0.12537068	0.12537068	0.12238567	0.11682269	0.10920382
0.11343062	0.11940066	0.12238567	0.12238567	0.11960418
0.09280688	0.10311875	0.1112597	0.11682269	0.11960418
0.06859639	0.08070163	0.09191019	0.10158494	0.10920382
0.04573092	0.05716365	0.06893264	0.08042142	0.09100318
0.02743855	0.03658474	0.0468742	0.05790342	0.06916241
0.01477461	0.02110658	0.02884566	0.03785993	0.04788167
0.0071137	0.01094415	0.01602537	0.02243551	0.03014772
0.00304873	0.00508121	0.00801268	0.01201902	0.01722727
0.00115641	0.00210257	0.00359189	0.00580229	0.00891066
0.00038547	0.00077094	0.00143676	0.00251432	0.00415831
0.00011191	0.00024869	0.00050982	0.00097329	0.00174381
2.7978E-05	6.9944E-05	0.00015932	0.00033457	0.00065393
5.9347E-06	1.6956E-05	4.345E-05	0.00010138	0.00021798
1.0473E-06	3.491E-06	1.0224E-05	2.6837E-05	6.4111E-05
1.4961E-07	5.9845E-07	2.0447E-06	6.1342E-06	1.6486E-05
1.6624E-08	8.3119E-08	3.4079E-07	1.1928E-06	3.6635E-06
1.3479E-09	8.9858E-09	4.6052E-08	1.9342E-07	6.9309E-07
7.0941E-11	7.0941E-10	4.8476E-09	2.545E-08	1.0943E-07
1.819E-12	3.638E-11	3.7289E-10	2.6102E-09	1.403E-08
	9.0949E-13	1.8645E-11	1.9577E-10	1.403E-09
		4.5475E-13	9.5497E-12	1.0266E-10
			2.2737E-13	4.8885E-12
				1.1369E-13

ANEXO 2. Comportamiento futuro de las tasas de interés PDVSA2027

PERIODO DEL 0 AL 12												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
												46.01%
										43.13%	39.33%	32.65%
								41.09%	36.87%	30.61%	27.91%	23.17%
							35.13%	29.16%	26.16%	21.72%	19.81%	16.44%
					33.44%	39.12%	24.93%	20.69%	18.56%	15.41%	14.05%	11.67%
			31.51%	36.86%	23.73%	27.76%	17.69%	14.68%	13.17%	10.94%	9.97%	8.28%
	28.29%	34.26%	22.36%	26.16%	16.84%	19.70%	12.55%	10.42%	9.35%	7.76%	7.08%	5.87%
	20.08%	24.31%	15.87%	18.56%	11.95%	13.98%	8.91%	7.39%	6.63%	5.51%	5.02%	4.17%
		17.25%	11.26%	13.17%	8.48%	9.92%	6.32%	5.25%	4.71%	3.91%	3.56%	2.96%
				9.35%	6.02%	7.04%	4.49%	3.72%	3.34%	2.77%	2.53%	2.10%
						4.99%	3.18%	2.64%	2.37%	1.97%	1.79%	1.49%
								1.68%		1.40%	1.27%	1.06%
											0.90%	0.75%

PERIODO DEL 13 AL 23										
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
										235.50%
								151.02%	176.68%	167.12%
							116.19%	107.17%	125.37%	118.59%
						99.32%	82.45%	76.05%	88.97%	84.15%
					80.95%	70.48%	58.51%	53.96%	63.13%	59.72%
					57.44%	50.01%	41.52%	38.29%	44.80%	42.37%
					40.76%	35.49%	29.46%	27.17%	31.79%	30.07%
					28.93%	25.18%	20.91%	19.28%	22.56%	21.34%
					20.53%	17.87%	14.84%	13.68%	16.01%	15.14%
					14.57%	12.68%	10.53%	9.71%	11.36%	10.74%
					10.34%	9.00%	7.47%	6.89%	8.06%	7.62%
					7.33%	6.39%	5.30%	4.89%	5.72%	5.41%
					5.20%	4.53%	3.76%	3.47%	4.06%	3.84%
					3.69%	3.22%	2.67%	2.46%	2.88%	2.72%
					2.62%	2.28%	1.89%	1.75%	2.04%	1.93%
					1.86%	1.62%	1.34%	1.24%	1.45%	1.37%
					1.32%	1.15%	0.95%	0.88%	1.03%	0.97%
					0.94%	0.82%	0.68%	0.62%	0.73%	0.69%
					0.66%	0.58%	0.48%	0.44%	0.52%	0.49%
					0.47%	0.41%	0.34%	0.31%	0.37%	0.35%
					0.33%	0.29%	0.24%	0.22%	0.26%	0.25%
					0.24%	0.21%	0.17%	0.16%	0.19%	0.18%
					0.17%	0.15%	0.12%	0.11%	0.13%	0.12%
									0.09%	0.09%

ANEXO 3: Valoración del bono ordinario PDVSA2027

PERIODO DEL 0 AL 12												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
												111.26
										134.63	125.51	184.73
								158.23	149.58	221.09	206.13	288.84
						182.25	173.66	257.34	243.18	338.76	317.62	418.46
				207.70	198.41	293.50	279.68	387.69	367.84	479.74	453.28	561.77
		236.01	225.16	330.77	316.36	435.60	416.51	538.92	514.24	630.48	600.33	704.88
277.49	257.49	370.93	354.85	483.88	464.48	596.03	572.54	696.13	668.11	776.90	744.79	836.38
	399.42	534.55	513.63	652.63	629.18	758.93	732.38	845.34	815.48	908.49	875.84	949.52
			686.18	820.51	794.28	910.56	882.27	976.98	946.46	1,019.78	987.46	1,042.03
					946.38	1,042.31	1,013.28	1,086.72	1,056.28	1,109.60	1,078.05	1,114.84
							1,121.71	1,174.34	1,144.34	1,179.59	1,148.93	1,170.52
									1,212.65	1,232.75	1,202.93	1,212.22
											1,243.24	1,242.98



[illegible]

ANEXO 4: Valoración del bono rescatable PDVSA2027

PERIODO DE LO AL 12												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
												111.26
										134.63	125.51	184.73
								158.23	149.58	221.09	206.13	288.84
							173.64	257.30	243.17	338.74	317.62	418.46
					198.21	182.19	279.52	387.33	367.73	479.52	453.24	561.66
			224.10	207.22	315.24	293.04	415.49	513.47	513.47	628.96	599.85	703.94
		234.03	350.58	328.48	459.83	433.29	568.02	664.24	664.24	769.96	741.88	831.08
271.74	253.96	363.84	500.29	475.71	614.46	587.47	717.38	820.80	801.39	885.39	863.79	929.49
	388.21	514.72	653.01	629.89	757.52	734.54	843.65	919.39	907.85	962.03	950.76	986.04
				769.43	871.43	855.20	933.37	977.32	973.67	996.61	994.74	1,000.00
						938.78	984.21	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
								1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
												1,000.00
												1,000.00

271.74

253.96

388.21

271.74\$

PERIODO DEL 13 AL 23											
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
									134.50	306.07	
							60.60	77.62		384.43	
						55.50			201.44		
					57.54	99.00	106.90	130.63	286.07	469.78	
					101.57		176.89	205.70		557.62	
		80.02	70.02	62.91		167.09	270.68	301.31	384.45	642.94	
101.79	89.05	135.60	120.36	109.46	171.11	260.87		411.05	489.62	721.25	
	149.98	219.70	198.23	182.52	267.38		382.47	525.49	593.55	789.48	
169.37	240.30	331.19	303.69	282.91	384.59	374.82	502.22	635.18	689.27	846.29	
266.98	357.70	461.48	429.31	404.13	511.74	498.49	619.19	733.16	772.31	891.84	
390.80	492.50	597.78	562.88	534.58	636.79	620.32	725.03	815.80	840.90	927.24	
529.96	631.41	727.73	691.97	661.95	750.33	731.15	815.12	882.46	895.39	954.13	
670.67	761.92	842.08	807.40	776.88	847.10	825.81	888.23	934.43	937.40	974.17	
800.01	873.84	933.00	903.20	874.11	925.15	902.82	945.47	973.90	969.08	988.91	
906.06	956.46	989.21	972.10	949.93	980.95	962.06	986.77	998.57	992.56	999.64	
976.67	998.14		1,000.00	995.06	1,000.00	997.50	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
		1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
			1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
				1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
					1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
						1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
							1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	
								1,000.00	1,000.00	1,000.00	
									1,000.00	1,000.00	
										1,000.00	
											1,000.00

ANEXO 5: Comportamiento futuro de las tasas de interés PDVSA2037

PERIODO DEL 0 AL 12												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
												46.31%
										43.36%	39.57%	32.82%
								41.27%	37.05%	30.73%	28.04%	23.26%
						39.24%	35.26%	29.25%	26.26%	21.78%	19.87%	16.48%
				36.94%	33.53%	27.81%	24.99%	20.73%	18.61%	15.43%	14.08%	11.68%
			31.56%	26.18%	23.76%	19.71%	17.71%	14.69%	13.19%	10.94%	9.98%	8.28%
	28.33%	34.30%	22.37%	18.55%	16.84%	13.97%	12.55%	10.41%	9.35%	7.75%	7.07%	5.87%
	20.08%	24.31%	15.85%	13.15%	11.93%	9.90%	8.89%	7.38%	6.62%	5.49%	5.01%	4.16%
		17.23%	11.23%	9.32%	8.46%	7.02%	6.30%	5.23%	4.69%	3.89%	3.55%	2.95%
					5.99%	4.97%	4.47%	3.71%	3.33%	2.76%	2.52%	2.09%
							3.17%	2.63%	2.36%	1.96%	1.78%	1.48%
									1.67%	1.39%	1.26%	1.05%
											0.90%	0.74%

PERIODO DEL 13 AL 23										
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
										238.45%
								152.75%	178.79%	168.99%
							117.45%	108.25%	126.71%	119.76%
				69.83%	81.74%	100.34%	83.24%	76.72%	89.79%	84.87%
			62.01%	49.49%	57.93%	71.11%	58.99%	54.37%	63.64%	60.15%
		52.98%	43.95%	35.07%	41.05%	50.40%	41.81%	38.53%	45.10%	42.63%
44.12%	51.64%	37.54%	31.14%	24.86%	29.09%	35.72%	29.63%	27.31%	31.96%	30.21%
31.27%	36.60%	26.61%	22.07%	17.62%	20.62%	25.31%	21.00%	19.35%	22.65%	21.41%
22.16%	25.93%	18.86%	15.64%	12.48%	14.61%	17.94%	14.88%	13.71%	16.05%	15.17%
15.70%	13.38%	13.36%	11.09%	8.85%	10.36%	12.71%	10.55%	9.72%	11.38%	10.75%
11.13%	13.03%	9.47%	7.86%	6.27%	7.34%	9.01%	7.47%	6.89%	8.06%	7.62%
7.89%	9.23%	6.71%	5.57%	4.44%	5.20%	6.38%	5.30%	4.88%	5.71%	5.40%
5.59%	6.54%	4.76%	3.95%	3.15%	3.69%	4.52%	3.75%	3.46%	4.05%	3.83%
3.96%	4.64%	3.37%	2.80%	2.23%	2.61%	3.21%	2.66%	2.45%	2.87%	2.71%
2.81%	3.29%	2.39%	1.98%	1.58%	1.85%	2.27%	1.89%	1.74%	2.03%	1.92%
1.99%	2.33%	1.69%	1.40%	1.12%	1.31%	1.61%	1.34%	1.23%	1.44%	1.36%
1.41%	1.65%	1.20%	1.00%	0.79%	0.93%	1.14%	0.95%	0.87%	1.02%	0.97%
1.00%	1.17%	0.85%	0.71%	0.56%	0.66%	0.81%	0.67%	0.62%	0.72%	0.68%
0.71%	0.83%	0.60%	0.50%	0.40%	0.47%	0.57%	0.48%	0.44%	0.51%	0.48%
0.50%	0.59%	0.43%	0.35%	0.28%	0.33%	0.29%	0.34%	0.31%	0.36%	0.34%
	0.42%	0.30%	0.25%	0.20%	0.23%	0.20%	0.24%	0.22%	0.26%	0.24%
					0.17%	0.14%	0.17%	0.16%	0.18%	0.17%
							0.12%	0.11%	0.13%	0.12%
									0.09%	0.09%


PERIODO DEL 24 AL 34										
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
										2035.219%
									1738.77%	
								1458.102%		1442.340%
						1004.502%	1245.722%	1033.343%	1232.253%	1022.173%
					858.191%		882.832%		873.286%	
				670.067%		711.881%		732.320%		724.404%
			572.469%		608.192%		625.654%		618.889%	
		435.825%		474.870%		504.503%		518.988%		513.378%
	372.35%		405.703%		431.020%		443.395%		438.601%	
279.10%		308.865%		336.536%		357.537%		367.802%		363.826%
	263.88%		287.518%		305.460%		314.230%		310.832%	
197.80%		218.890%		238.500%		253.383%		260.658%		257.840%
	187.01%		203.761%		216.476%		222.692%		220.284%	
140.18%		155.125%		169.023%		179.570%		184.726%		182.729%
	132.53%		144.404%		153.415%		157.820%		156.113%	
99.34%		109.936%		119.785%		127.260%		130.913%		129.498%
	93.92%		102.338%		108.724%		111.845%		110.636%	
70.40%		77.910%		84.890%		90.188%		92.777%		91.774%
	66.56%		72.526%		77.051%		79.264%		78.407%	
49.89%		55.214%		60.161%		63.915%		65.750%		65.039%
	47.17%		51.398%		54.606%		56.173%		55.566%	
35.36%		39.130%		42.635%		45.296%		46.597%		46.093%
	33.43%		36.425%		38.698%		39.810%		39.379%	
25.06%		27.731%		30.215%		32.101%		33.023%		32.666%
	23.69%		25.814%		27.425%		28.213%		27.908%	
17.76%		19.653%		21.413%		22.750%		23.403%		23.150%
	16.79%		18.294%		19.436%		19.994%		19.778%	
12.59%		13.928%		15.175%		16.122%		16.585%		16.406%
	11.90%		12.965%		13.774%		14.170%		14.016%	
8.92%		9.870%		10.755%		11.426%		11.754%		11.627%
	8.43%		9.188%		9.762%		10.042%		9.933%	
6.32%		6.995%		7.622%		8.097%		8.330%		8.240%
	5.98%		6.512%		6.918%		7.117%		7.040%	
4.48%		4.957%		5.401%		5.739%		5.903%		5.839%
	4.24%		4.615%		4.903%		5.043%		4.989%	
3.17%		3.513%		3.828%		4.067%		4.184%		4.138%
	3.00%		3.270%		3.474%		3.574%		3.536%	
2.25%		2.490%		2.713%		2.882%		2.965%		2.933%
	2.13%		2.318%		2.462%		2.533%		2.506%	
1.59%		1.764%		1.923%		2.043%		2.101%		2.078%
	1.51%		1.643%		1.745%		1.795%		1.776%	
1.13%		1.250%		1.363%		1.448%		1.489%		1.473%
	1.07%		1.164%		1.237%		1.272%		1.258%	
0.80%		0.886%		0.966%		1.026%		1.055%		1.044%
	0.76%		0.825%		0.876%		0.902%		0.892%	
0.57%		0.628%		0.684%		0.727%		0.748%		0.740%
	0.54%		0.585%		0.621%		0.639%		0.632%	
0.40%		0.445%		0.485%		0.515%		0.530%		0.524%
	0.38%		0.414%		0.440%		0.453%		0.448%	
0.29%		0.315%		0.344%		0.365%		0.376%		0.372%
	0.27%		0.294%		0.312%		0.321%		0.317%	
0.20%		0.224%		0.244%		0.259%		0.266%		0.263%
	0.19%		0.208%		0.221%		0.227%		0.225%	
0.14%		0.158%		0.173%		0.183%		0.189%		0.187%
	0.14%		0.147%		0.157%		0.161%		0.159%	
0.10%		0.112%		0.122%		0.130%		0.134%		0.132%
	0.10%		0.105%		0.111%		0.114%		0.113%	
0.07%		0.080%		0.087%		0.092%		0.095%		0.094%
	0.068%		0.074%		0.079%		0.081%		0.080%	
		0.056%		0.061%		0.065%		0.067%		0.066%
			0.052%		0.056%		0.057%		0.057%	
				0.044%		0.046%		0.048%		0.047%
					0.040%		0.041%		0.040%	
						0.033%		0.034%		0.033%
							0.029%		0.029%	
								0.024%		0.024%
									0.020%	
										0.017%

## ANEXOS

PERIODO DEL 35 AL 43								
35	36	37	38	39	40	41	42	43
							3505.648%	1365.987%
						2982.493%		968.062%
				3232.088%	3788.615%	2113.664%	2484.419%	686.056%
			3366.636%	2290.550%	2684.956%	1497.934%	1760.684%	486.201%
	2705.144%	2875.277%	2385.903%		1902.803%		1247.780%	
2311.015%		2037.681%	1690.866%	1623.291%	1348.498%	1061.571%	884.290%	344.566%
1637.794%		1444.085%	1198.301%	1150.411%		752.325%		244.191%
	1358.638%				955.668%		626.688%	
1160.689%		1023.410%		815.285%		533.166%		173.056%
	962.853%		849.224%		677.273%		444.128%	
822.569%		725.281%	601.837%	577.785%		377.850%		122.643%
	682.365%			479.977%			314.749%	
582.947%		513.999%	426.516%	409.471%		267.778%		86.916%
	483.586%				340.155%		223.060%	
413.129%		364.267%		290.188%		189.772%		61.596%
	342.713%		302.268%		241.065%		158.080%	
292.781%		258.152%		205.653%		134.490%		43.653%
	242.877%		214.215%		170.840%		112.030%	
207.491%		182.950%		145.745%		95.312%		30.936%
	172.125%		151.812%		121.073%		79.395%	
147.047%		129.655%		103.288%		67.546%		21.924%
	121.983%		107.588%		85.803%		56.266%	
104.211%		91.885%		73.199%		47.869%		15.538%
	86.448%		76.246%		60.808%		39.875%	
73.853%		65.118%		51.876%		33.925%		11.011%
	61.265%		54.035%		43.094%		28.259%	
52.339%		46.149%		36.764%		24.042%		7.804%
	43.418%		38.294%		30.540%		20.027%	
37.092%		32.705%		26.054%		17.038%		5.530%
	30.770%		27.139%		21.644%		14.193%	
26.287%		23.178%		18.464%		12.075%		3.919%
	21.806%		19.233%		15.339%		10.058%	
18.629%		16.426%		13.085%		8.557%		2.778%
	15.454%		13.630%		10.870%		7.128%	
13.202%		11.641%		9.274%		6.065%		1.968%
	10.952%		9.660%		7.704%		5.052%	
9.356%		8.250%		6.572%		4.298%		1.395%
	7.762%		6.846%		5.460%		3.580%	
6.631%		5.847%		4.658%		3.046%		0.989%
	5.501%		4.851%		3.869%		2.537%	
4.699%		4.143%		3.301%		2.159%		0.701%
	3.898%		3.438%		2.742%		1.798%	
3.330%		2.936%		2.339%		1.530%		0.497%
	2.763%		2.437%		1.943%		1.274%	
2.360%		2.081%		1.658%		1.084%		0.352%
	1.958%		1.727%		1.377%		0.903%	
1.673%		1.475%		1.175%		0.768%		0.249%
	1.388%		1.224%		0.976%		0.640%	
1.185%		1.045%		0.833%		0.544%		0.177%
	0.983%		0.867%		0.692%		0.454%	
0.840%		0.741%		0.590%		0.386%		0.125%
	0.697%		0.615%		0.490%		0.321%	
0.595%		0.525%		0.418%		0.273%		0.089%
	0.494%		0.436%		0.347%		0.228%	
0.422%		0.372%		0.296%		0.194%		0.063%
	0.350%		0.309%		0.246%		0.161%	
0.299%		0.264%		0.210%		0.137%		0.045%
	0.248%		0.219%		0.174%		0.114%	
0.212%		0.187%		0.149%		0.097%		0.032%
	0.176%		0.155%		0.124%		0.081%	
0.150%		0.132%		0.105%		0.069%		0.022%
	0.125%		0.110%		0.088%		0.057%	
0.106%		0.094%		0.075%		0.049%		0.016%
	0.088%		0.078%		0.062%		0.041%	
0.075%		0.067%		0.053%		0.035%		0.011%
	0.063%		0.055%		0.044%		0.029%	
0.053%		0.047%		0.038%		0.025%		0.008%
	0.044%		0.039%		0.031%		0.020%	
0.038%		0.033%		0.027%		0.017%		0.006%
	0.031%		0.028%		0.022%		0.014%	
0.027%		0.024%		0.019%		0.012%		0.004%
	0.022%		0.020%		0.016%		0.010%	
0.019%		0.017%		0.013%		0.009%		0.003%
	0.016%		0.014%		0.011%		0.007%	
0.013%		0.012%		0.009%		0.006%		0.002%
	0.011%		0.010%		0.008%		0.005%	
		0.008%		0.007%		0.004%		0.001%
			0.007%		0.006%		0.004%	
				0.005%		0.003%		0.001%
					0.004%		0.003%	
						0.002%		0.001%
							0.002%	
								0.001%

ANEXO 6: Valoración del bono ordinario PDVSA2037

PERIODO DEL 0 AL 12												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
												78.97
										98.14	90.21	117.84
									111.11	151.41	136.17	175.87
							135.17	120.06	173.12	230.73	204.70	259.88
					163.50	145.78	215.81	190.60	264.58	341.89	302.27	374.79
			197.26	176.41	264.67	235.86	332.09	293.88	390.01	485.99	432.06	520.56
		213.13	320.22	287.63	406.21	364.26	485.01	432.93	548.03	657.49	591.25	690.58
265.50	239.50	346.56	486.39	441.07	584.61	529.96	667.95	603.83	730.37	844.98	770.67	873.03
	385.44	524.09	687.37	630.93	788.18	723.79	867.93	795.87	923.82	1,034.37	957.13	1,054.24
				843.25	1,000.48	930.87	1,069.42	994.40	1,113.97	1,212.68	1,137.15	1,222.31
						1,135.02	1,258.47	1,184.98	1,288.81	1,370.71	1,300.13	1,369.34
								1,356.64	1,440.71	1,503.86	1,439.89	1,491.85
											1,554.51	1,590.02



265.50\$



96

PERIODO DEL 24 AL 34										
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
									1.58	1.36
								1.89		1.91
						2.73	2.21		2.24	
					3.21		3.13	2.66	3.16	2.71
			4.07	4.54		3.85		3.76		3.83
		4.82		4.54		4.42			4.47	
		6.22	5.74		5.43		5.31			5.42
	7.40		6.80	6.41		6.24		6.32		
9.61		8.73	8.07		7.66		7.51			7.71
	10.44		9.60		9.06		8.83		8.98	
13.46		12.25	11.35		10.80		10.65			11.07
	14.71		13.55		12.81		12.53		12.86	
18.82		17.19	15.98		15.29		15.24			16.34
	20.71		19.14		18.18		17.96		18.92	
26.32		24.13	22.59		21.87		22.37			25.57
	29.20		27.18		26.12		26.43		29.38	
36.90		34.13	32.41		32.18		34.61			43.22
	41.57		39.28		38.72		40.99		49.07	
52.43		49.33	48.12		49.91		57.33			76.89
	60.62		58.86		60.41		67.65		85.97	
76.60		74.09	75.10		81.88		98.96			135.61
	91.76		92.30		98.83		115.29		149.16	
115.91		115.79	121.75		137.28		168.42			225.20
	143.16		148.49		163.23		192.41		243.91	
178.92		183.36	196.89		223.72		269.97			343.77
	223.23		235.30		259.86		301.81		367.39	
272.77		283.05	304.81		342.02		399.34			481.33
	335.98		354.65		387.28		437.51		508.76	
398.64		413.86	441.44		484.22		544.67			623.81
	477.41		499.78		535.55		586.58		653.61	
549.49		566.48	594.97		636.43		691.31			758.27
	636.03		657.43		690.08		734.34		789.17	
712.15		726.60	750.51		784.22		826.90			876.17
	797.08		812.81		837.01		869.10		907.26	
872.10		880.09	895.13		916.87		943.96			973.88
	947.49		954.20		966.77		984.22		1,004.65	
1,017.71		1,016.76	1,020.69		1,028.85		1,039.84			1,051.46
	1,078.73		1,074.96		1,074.98		1,077.78		1,081.70	
1,142.30		1,131.59	1,124.06		1,119.05		1,115.33			1,111.15
	1,187.31		1,173.15		1,161.35		1,151.02		1,140.83	
1,243.86		1,223.82	1,205.79		1,189.19		1,173.04			1,156.02
	1,273.52		1,250.09		1,228.08		1,206.79		1,185.20	
1,323.61		1,295.43	1,268.50		1,242.35		1,216.24			1,189.20
	1,339.89		1,308.73		1,278.41		1,248.40		1,217.95	
1,384.51		1,349.65	1,315.55		1,281.88		1,248.07			1,213.43
	1,389.84		1,352.52		1,315.70		1,279.00		1,241.86	
1,430.06		1,389.94	1,350.30		1,310.87		1,271.27			1,230.98
	1,426.79		1,384.74		1,342.99		1,301.26		1,259.15	
1,463.62		1,419.49	1,375.65		1,331.93		1,288.03			1,243.60
	1,453.80		1,408.19		1,362.77		1,317.33		1,271.59	
1,488.07		1,440.94	1,394.00		1,347.12		1,300.08			1,252.65
	1,473.36		1,425.13		1,377.02		1,328.87		1,280.50	
1,505.75		1,456.41	1,407.20		1,358.01		1,308.71			1,259.11
	1,487.45		1,437.31		1,387.24		1,337.13		1,286.86	
1,518.46		1,467.51	1,416.65		1,365.81		1,314.87			1,263.71
	1,497.55		1,446.02		1,394.53		1,343.03		1,291.39	
1,527.55		1,475.45	1,423.40		1,371.36		1,319.25			1,266.99
	1,504.76		1,452.23		1,399.74		1,347.22		1,294.62	
		1,481.11	1,428.21		1,375.32		1,322.37			1,269.32
			1,456.66		1,403.44		1,350.21		1,296.91	
				1,431.63		1,378.13		1,324.59		1,270.97
					1,406.07		1,352.33		1,298.53	
						1,380.13		1,326.16		1,272.14
							1,353.83		1,299.69	
								1,327.28		1,272.97
									1,300.51	
										1,273.56

PERIODO DEL 35 AL 43								
35	36	37	38	39	40	41	42	43
							3.07	70.09
						1.03		96.20
					0.74		5.45	
			0.82	0.85	1.06	1.58	9.70	130.72
		0.96		1.20		2.56		175.28
	1.02		1.16		1.55		17.12	
1.19		1.35		1.71		4.38		231.12
	1.44		1.65		2.32		29.70	
1.68		1.91		2.44		7.91		298.53
	2.04		2.35		3.68		50.22	
2.38		2.70		3.55		14.79		376.30
	2.89		3.37		6.28		82.04	
3.36		3.83		5.37		27.79		461.50
	4.11		4.92		11.54		128.54	
4.76		5.49		8.71		51.05		549.71
	5.87		7.51		22.23		192.00	
6.76		8.06		15.39		89.63		635.84
	8.53		12.36		42.90		272.42	
9.73		12.50		29.03		148.00		715.27
	12.92		22.20		79.57		366.69	
14.47		21.09		55.45		228.00		784.73
	21.05		42.13		137.96		468.93	
22.93		38.46		101.73		326.99		842.74
	37.25		79.50		220.65		571.80	
39.43		71.93		173.33		437.96		889.32
	68.79		141.54		324.76		668.42	
71.32		129.58		270.58		551.52		925.58
	124.21		231.38		442.13		753.83	
127.46		216.05		387.22		658.80		953.12
	209.13		345.12		562.03		825.55	
213.76		328.82		512.35		753.55		973.65
	321.96		472.61		674.65		883.33	
328.75		458.24		634.39		832.79		988.75
	453.38		601.29		773.40		928.36	
462.96		591.26		744.48		896.27		999.73
	590.02		720.47		855.40		962.58	
602.65		716.14		837.85		945.50		1,007.66
	719.41		823.55		920.69		988.10	
735.03		825.26		913.35		982.74		1,013.36
	833.19		908.13		971.06		1,006.86	
851.47		915.46		972.25		1,010.40		1,017.44
	927.68		974.82		1,009.00		1,020.50	
948.20		986.96		1,016.99		1,030.68		1,020.35
	1,002.84		1,025.88		1,037.11		1,030.36	
1,025.15		1,041.91		1,050.32		1,045.41		1,022.42
	1,060.74		1,064.13		1,057.66		1,037.44	
1,084.44		1,083.19		1,074.79		1,056.02		1,023.90
	1,104.32		1,092.33		1,072.56		1,042.51	
1,129.05		1,113.69		1,092.59		1,063.64		1,024.94
	1,136.55		1,112.89		1,083.29		1,046.12	
1,162.05		1,135.95		1,105.43		1,069.09		1,025.69
	1,160.11		1,127.76		1,090.98		1,048.69	
1,186.17		1,152.07		1,114.65		1,072.97		1,026.21
	1,177.17		1,138.45		1,096.48		1,050.52	
1,203.64		1,163.67		1,121.25		1,075.73		1,026.59
	1,189.45		1,146.11		1,100.39		1,051.83	
1,216.22		1,171.98		1,125.95		1,077.70		1,026.85
	1,198.25		1,151.57		1,103.18		1,052.75	
1,225.23		1,177.91		1,129.30		1,079.09		1,027.04
	1,204.54		1,155.46		1,105.16		1,053.40	
1,231.67		1,182.14		1,131.68		1,080.08		1,027.18
	1,209.02		1,158.23		1,106.57		1,053.87	
1,236.25		1,185.14		1,133.37		1,080.79		1,027.27
	1,212.20		1,160.20		1,107.57		1,054.20	
1,239.52		1,187.28		1,134.57		1,081.29		1,027.34
	1,214.47		1,161.59		1,108.27		1,054.43	
1,241.84		1,188.80		1,135.42		1,081.64		1,027.38
	1,216.08		1,162.58		1,108.78		1,054.60	
1,243.48		1,189.88		1,136.03		1,081.89		1,027.42
	1,217.22		1,163.29		1,109.13		1,054.71	
1,244.65		1,190.64		1,136.46		1,082.07		1,027.44
	1,218.03		1,163.79		1,109.39		1,054.80	
1,245.48		1,191.18		1,136.76		1,082.19		1,027.46
	1,218.60		1,164.14		1,109.56		1,054.86	
1,246.07		1,191.56		1,136.98		1,082.28		1,027.47
	1,219.01		1,164.39		1,109.69		1,054.90	
1,246.48		1,191.84		1,137.13		1,082.35		1,027.48
	1,219.30		1,164.57		1,109.78		1,054.93	
		1,192.03		1,137.24		1,082.39		1,027.49
			1,164.69		1,109.84		1,054.95	
				1,137.31		1,082.42		1,027.49
					1,109.89		1,054.96	
						1,082.45		1,027.49
							1,054.97	
								1,027.49

Cristina Vásquez Bilbao

## **CASO 2**

### **ANALISIS DE DURACION Y CONVEXIDAD DE CARTERA DE BONOS SOBERANOS DE VENEZUELA CON VENCIMIENTO EN EL PERIODO 2018-2038**

Caracas

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente a Dios por darme la fortaleza necesaria para cumplir con esta meta, que por momentos parecía inalcanzable...

Por abrirme los caminos ante tanta adversidad...

Por permitirme descubrir a través de esta experiencia que solo alimentando nuestro espíritu con su palabra, es que lograremos alcanzar los objetivos que nos proponemos en la vida.

A la Universidad Metropolitana y profesores por los conocimientos impartidos.

Al profesor Javier Ríos, por confiar en mí y acompañarme en cada paso de este logro...

A mis compañeros de la Maestría, por ser parte de este sueño...

A mí amada madre y abuelito, quienes aún desde el cielo siempre serán mi fuente de inspiración...

A mi abuelita, quien es mi ídolo y quien con su fortaleza siempre ha sido mi ejemplo a seguir...

A mi hermana, por ser un gran apoyo ante tantas situaciones que nos tocó atravesar a lo largo de este camino...

A mi amado esposo Carlos, por ser el mejor compañero que pudo poner Dios en mi camino y porque sin su amor incondicional hubiera sido imposible lograr este objetivo. Gracias por estar a mi lado amor...

## RESUMEN

La investigación que se presenta a continuación se basa en el análisis de duración y convexidad de una cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018-2038. Para proceder con la medición de estos conceptos, la recolección de los datos correspondientes a cada título se realizó en un tiempo único con fecha 26 de febrero del 2016, y a partir de la información sustentada en el marco teórico se procedió a identificar cada uno de los elementos que conforman un bono para luego medir la duración y convexidad en cada caso.

Se construyó una cartera de renta fija a partir de los títulos evaluados, y utilizando como base un préstamo de \$100.000 se determinó la ponderación de cada título en la cartera calculado a partir del monto de liquidación establecido por el emisor.

Para inmunizar la inversión se construyeron tres escenarios bajo el supuesto de préstamo por un único pago en el futuro y en el caso de varios pagos en el futuro. El proyecto de investigación se basa en el supuesto de que el préstamo se realiza con una entidad bancaria en Estados Unidos y no con capital propio, es por ello que se utiliza como tasa de referencia la Tasa Libor, empleada para la reinversión de los cupones y el capital de los bonos.

Los resultados demuestran que la técnica de inmunización pasiva utilizada, la cual se basa en igualar la duración de la cartera con la duración del préstamo, permite a un inversor estar seguro de hacer frente a una determinada corriente de pagos en el futuro, logrando de esta forma los objetivos planteados en el proyecto de investigación.

## INTRODUCCIÓN

Cuando se piensa invertir en el mercado de capitales la compra de acciones por lo general son tendencia. Si bien resulta ser uno de los tipos de activos más interesantes para el inversor a largo plazo, los bonos se convierten en los activos más conservadores y preferidos por individuos, familias e instituciones que buscan la percepción de una renta a lo largo del tiempo.

Por lo general, las inversiones en bonos pagan intereses periódicos y por un monto preestablecido por el cupón que provee un flujo de ingresos predecible. De esta forma los bonos se convierten en un excelente complemento para una cartera de acciones o de activos aun más riesgosos ya que proporcionan estabilidad y reducen volatilidad a la cartera de inversión.

Si bien la inversión en bonos es una de las más seguras, está sujeto a riesgos que no deben ser despreciados por el inversionista y por tal motivo debe tomar en cuenta al momento de invertir en un título de esta naturaleza. Es entonces cuando se inserta el concepto de duración como una medida de la volatilidad del precio del bono frente a variaciones en las tasas de interés. Esta medida sumada a las características comúnmente consultadas de un bono, representa la orientación adecuada para cualquier inversionista.

En Venezuela, la actividad del mercado de valores ha sido sometida a un freno legal y operacional que afectó su funcionamiento como alternativa de inversión y financiamiento, impactando la actividad económica del país caracterizada por alta inflación y volatilidad de su principal sector de actividad como lo es el petróleo. Sin embargo la República Bolivariana de Venezuela respalda bonos públicos, atados al riesgo país. Los principales bonos públicos del estado venezolano en el mercado de valores son los siguientes: letras del tesoro, bonos de deuda pública nacional, bonos del sur, bonos soberanos, bonos globales, bonos de PDVSA, euro bonos, bonos venezolanos, vebonos, bonos globales, bonos brady, bonos cero cupón.

El siguiente proyecto de investigación define los conceptos asociados a los bonos como instrumentos de inversión de renta fija, sus características más relevantes, su clasificación y tipos existentes en el mercado, el modelo de valuación, así como el riesgo que representa invertir en ellos.

A partir de esta base teórica se persigue como objetivo analizar la aplicación de los conceptos de duración y convexidad a una cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018-2038, y a partir de esta medición identificar una cartera inmune aplicando técnicas de inmunización pasiva a los títulos evaluados.

Este proyecto ha sido dividido en cinco capítulos. En el primero se plantea el problema de investigación, su importancia y los objetivos. En el segundo, se presenta el esquema teórico del estudio propuesto y se introducen algunos comentarios en relación a la bibliografía que fundamenta este estudio. En el tercero, se incorporan las orientaciones metodológicas que se han de seguir en el marco de la investigación que se propone realizar. El cuarto consiste en la aplicación de las bases teóricas consultadas sobre los bonos en estudio a fin de cumplir con los objetivos propuestos en la investigación. El quinto capítulo corresponde al análisis de los resultados obtenidos, para finalizar con las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPITULO I**



## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Como inversionista existen muchas variables a considerar para tomar la decisión de invertir en un determinado tipo de instrumento financiero. Los factores que condicionan las cantidades dedicadas para inversiones depende de varios factores: rendimiento esperado que se traduce en la compensación obtenida por la inversión, riesgo aceptado o incertidumbre sobre el rendimiento que se obtendrá al final de la inversión y, el horizonte temporal o periodo durante el que se mantendrá la inversión.

Muchos de los asesores financieros recomiendan a los inversionistas tener un portafolio diversificado constituido en bonos, acciones, fondos, etc. Esta recomendación surge partiendo del principio en el que la diversificación puede brindar cierto grado de seguridad al portafolio en la medida en que si una parte del portafolio está disminuyendo su rentabilidad, la otra parte puede estar incrementándola logrando mantener el equilibrio. Sin embargo, debido a que los bonos tienen un flujo predecible de dinero y se conoce el valor de éste al final, muchas personas invierten en ellos para preservar el capital e incrementarlo al recibir ingresos por intereses de acuerdo a la periodicidad de los cupones que pague cada bono.

Algunas características a tener en cuenta para tomar la decisión de invertir en determinado tipo de bono son: su maduración, pago de intereses, calidad del crédito, la tasa de interés, precio, tasas tributarias e impuestos, entre otras cosas. Todos estos puntos ayudan al inversionista a determinar el tipo de bono que puede cubrir sus expectativas y el grado de inversión que desea obtener de acuerdo con los objetivos planteados.

Algo muy importante para medir el riesgo es la maduración de un bono, refiriéndose a la fecha en la cual el capital será pagado. Si bien el valor no variará, muchos hechos económicos pueden afectar su desempeño a lo largo del tiempo.

Entre los riesgos asociados a la inversión en bonos, destacan la variación del precio del bono por variación en los tipos de interés del mercado, la posibilidad de que el emisor del bono no pueda hacer frente a los pagos derivados de dicho instrumento, invertir en otra divisa que sufra devaluación y el riesgo inflacionario que supone que el inversionista necesite más dinero en el futuro del que necesita hoy.

El riesgo de variación en las tasas de interés representa un reto para cualquier administrador de un portafolio de inversiones, al generar básicamente dos tipos de cambios en el escenario: alteración en el valor de los activos que conforman el portafolio y, se van a ver modificadas las posibilidades de reinversión de los flujos periódicos que son liberados por los activos que forman parte del portafolio.

Es posible determinar el impacto que se espera sobre el valor del activo ante la variación en las tasas de descuento. Este cambio porcentual que resulta de la aproximación del cambio de las dos variables, es lo que se conoce como duración.

El concepto de duración fue desarrollado por F. Macaulay (1938), "...la duración es un número único para cada bono que resume todos los factores que afectan la sensibilidad del precio del bono ante cambios en la tasa de interés...".

En una cartera de bonos, aquellos que tienen la misma fecha de vencimiento pero distintos cupones reaccionan de forma distinta ante una variación en las tasas de interés. El concepto de duración además de ser utilizado como una medida de sensibilidad del precio del bono en relación a las variaciones de las tasas de interés, también se traduce en una medida del vencimiento promedio del flujo de pagos de un bono.

Mascareñas (2006) señala:

La razón por la que el concepto de duración ha reemplazado al de madurez (definido éste como plazo de tiempo hasta el vencimiento) como una medida de longitud de la corriente de pagos, radica en que esta última se refiere al instante de tiempo en que tiene lugar el último pago del empréstito, ignorando completamente el momento y la magnitud del resto de los pagos que van a ser efectuados desde el momento actual hasta su vencimiento. Por ello, la duración es una medida mucho más exacta de la longitud media del tiempo en la que el inversor espera obtener su dinero en una inversión en bonos (p. 8)

Sin embargo, el cálculo de la duración supone una relación lineal entre las variaciones del rendimiento y el precio, cuando en la realidad el comportamiento de estas variables está descrito por una curva, lo que significa que puede haber diferencias importantes en las aproximaciones cuando las variaciones en las tasas de interés son de una magnitud importante. Para corregir esta situación, se introduce el concepto de convexidad como una medida de segundo orden para mejorar las estimaciones de la duración.

La investigación a realizar pretende analizar la duración y convexidad de una cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018-2038, generando recomendaciones para la administración de portafolios con características similares.

En consecuencia, la pregunta de investigación se plantea de la siguiente manera:

¿Es pertinente medir la duración y convexidad de una cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el período 2018-2038?

## **I.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION**

Tomando como base que la política monetaria en Venezuela no estimula el ahorro de los ingresos, los cuales inevitablemente pierden valor por causa de la inflación, existen opciones de inversión como los bonos, los cuales incorporan ciertos riesgos que deben ser conocidos y monitoreados por aquellos que buscan invertir en este tipo de alternativas.

Los bonos ofrecen ciertos beneficios:

Seguridad financiera, no solo porque existe una alta probabilidad de recuperar el valor nominal sino porque se recibirán intereses sobre la inversión.

Equilibrio y diversificación en el portafolio, los bonos pueden ser grandes amortiguadores financieros ante fluctuaciones del mercado accionario.

Sin embargo, al igual que un bono ofrece beneficios también está sujeto a riesgos. En el caso de que un inversionista necesite el dinero antes del vencimiento del bono, se está arriesgando a recibir más

o menos de lo que pagó por él. Esto depende principalmente de las tasas de interés a las que se están emitiendo los nuevos bonos en el mercado.

En el caso de la gestión de carteras de renta fija el reto para el inversionista es aún mayor, ya que para proteger su inversión será necesario aplicar propiedades de inmunización debido a cambios frecuentes en las condiciones de la política monetaria del entorno, así como en las variables determinantes de la oferta y demanda de activos financieros.

Esta es la razón por la cual entran en juego el cálculo de las medidas de duración y convexidad de un instrumento de renta fija, las cuales además de traducirse en una medida de elasticidad del precio del bono ante variaciones en la tasa de interés, permite medir el vencimiento promedio del flujo de pagos de un determinado bono, concepto que puede utilizar el inversor para construir una cartera inmune ante riesgos del mercado que le permitan proteger su inversión global.

La investigación a realizar se fundamenta pues en el concepto de duración, concretando su aplicación en la construcción de una cartera inmune, donde a partir de los hallazgos y conclusiones obtenidas se busca derivar recomendaciones para la gestión sobre carteras de bonos con propiedades homologas a las obtenidas a partir del estudio de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el período 2018-2038.

### **I.3. OBJETIVO GENERAL**

Análisis de duración y convexidad de una cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018-2038.

### **I.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Examinar las variables determinantes de la duración para una cartera de bonos constituida por los bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018-2038.
2. Medir la duración de la cartera de bonos seleccionada para esta investigación.
3. Valorar la medida de convexidad sobre los activos que componen el portafolio.
4. Identificar una cartera inmune aplicando técnicas de inmunización pasiva a los títulos evaluados.
5. Generar recomendaciones para la administración de portafolios con características equivalentes.

## **CAPITULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

### **II.1. ACTIVOS FINANCIEROS DE RENTA FIJA**

Según Mascareñas (2006), “un activo financiero es un contrato que concede al inversor ciertos derechos que deberán ser satisfechos en el futuro a cargo del emisor del mismo”.

Los activos de renta fija se corresponden con un amplio conjunto de valores negociables que emiten las empresas y las instituciones públicas y que representan préstamos que estas entidades reciben de los inversores, a cambio del derecho a percibir los intereses pactados y la devolución del capital invertido.

Algunos productos de renta fija son:

#### **II.1.1. Letras del Tesoro**

Son títulos de deuda pública emitidos por el Estado para su financiación. Su plazo de vencimiento suele ser inferior a 18 meses (activos a corto plazo) y presentan la peculiaridad de que se emiten a descuento; es decir, el suscriptor al comprar paga menos que el valor nominal del título, mientras que en el momento del vencimiento recibe dicho valor nominal.

#### **II.1.2. Bonos**

Son instrumentos financieros de deuda a mediano y largo plazo, utilizados por entidades privadas y también por entidades gubernamentales con el objetivo de obtener fondos directamente de los mercados financieros. El emisor se compromete a devolver el capital principal junto con los intereses, también llamados cupón.

#### **II.1.3. Pagarés**

Son valores cupón cero emitidos al descuento, por lo que su rentabilidad se obtiene por diferencia entre el precio de compra y el valor nominal del pagaré que se recibe en la fecha de amortización.

#### **II.1.4. Cédulas hipotecarias**

Son títulos emitidos por entidades financieras que pagan un interés fijo y que tienen como garantía la totalidad de los créditos hipotecarios concedidos por la entidad que los emite.

### **II.2. TIPOS DE BONOS**

Los tipos de bonos que se negocian más frecuentemente en el mercado son:

#### **II.2.1. Bono hipotecario**

Bono respaldado por activos fijos. “Todos los bonos hipotecarios se emiten con base en un contrato de préstamo, el cual es un documento legal en donde se describe con gran detalle los derechos tanto de los tenedores de bonos como de la corporación (emisor de bonos)” (Besley y Brigham, 2001, p. 761)

### **II.2.2. Bono sin garantía**

Bono a largo plazo que no está garantizado por una hipoteca sobre una propiedad específica. Según Block, Hirt y Danielsen, (2011),

Debido a los problemas legales relacionados con los derechos específicos sobre los activos en una oferta de bonos garantizados, existe una tendencia a emitir deudas no garantizadas, lo cual otorga a sus tenedores un derecho general contra la corporación, en lugar de un gravamen específico sobre un activo (p. 427)

### **II.2.3. Bono convertible**

Bono intercambiable, a opción del tenedor. En este sentido, Block, Hirt y Danielsen, (2011),

Es un bono o una acción de capital preferente que se puede convertir, a elección del tenedor, en capital común. De este modo, el propietario tiene un valor con un ingreso fijo que se puede convertir en capital común siempre y cuando las condiciones de la empresa indiquen que es aconsejable una conversión de esta clase. (p. 510)

“Cuando se emite un bono a largo plazo convertible, se especifica una razón de conversión en capital común. Esta razón señala el número de acciones de capital común en que se pueden transformar los bonos” (Block, Hirt y Danielsen, 2011, p.510)

### **II.2.4. Bono chatarra**

Bono de alto riesgo y alto rendimiento utilizado para financiar fusiones, adquisiciones empresariales apalancadas y compañías con problemas. Cuando los mercados muestran tendencia a crecer, los inversionistas que no hayan sufridos pérdidas significativas en el mercado tienen más confianza en que ganarán en lugar de perder con sus inversiones, por lo tanto, se atreverán a invertir en instrumentos más riesgosos en un esfuerzo por obtener recompensas mayores.

“En las negociaciones de bonos chatarra, la razón de endeudamiento es por lo general muy alta, en consecuencia, los tenedores de bonos deben correr tanto riesgo como el que corren normalmente los accionistas” (Besley y Brigham, 2001, p. 768)

### **II.2.5. Bono con cupón cero**

Como su nombre lo implica, no paga intereses. Sin embargo, se venden con un descuento considerable de su valor nominal. El rendimiento para el inversionista es la diferencia entre el costo que él paga y el valor nominal que recibe al término de la vida del bono. Según Block, Hirt y Danielsen (2011),

La ventaja para la corporación es que de inmediato recibe flujos de entrada de efectivo, sin que haya flujos de salida hasta el vencimiento de los bonos. Además, la compañía puede amortizar la diferencia entre el precio inicial del bono y el valor al vencimiento para efectos fiscales a lo largo de la vida del bono. Esto significa que la corporación se beneficiará de deducciones anuales sin salidas de efectivo en el presente. (p. 438)

Los precios de los bonos tienden a ser muy volátiles debido a los cambios en las tasas de interés. Si bien los bonos no pagan intereses anuales, no deja de haber un rendimiento inicial al vencimiento que podría resultar demasiado alto o demasiado bajo dados los cambios en el mercado. (p. 438)

### **II.2.6. Bono a tasa flotante**

Bono cuya tasa de interés fluctúa de acuerdo con los cambios en el nivel general de las tasas de interés. En este caso, en lugar de un cambio de precio del bono, la tasa de interés pagada sobre éste cambia de acuerdo con las condiciones del mercado. Según Block, Hirt y Danielsen (2011),

Para los inversionistas, la ventaja de los bonos con tasa flotante es que tienen un valor de mercado constante a pesar de que las tasas de interés varíen. Una excepción es que los bonos con tasa flotante con frecuencia tienen límites amplios que los pagos de intereses no pueden exceder. Por ejemplo, es posible que no se permita que la tasa de interés sobre una oferta inicial a 9% vaya más allá de 16% o baje a menos de 4%. Si las tasas de interés a largo plazo dictaran un pago de intereses de 20%, el pago no obstante permanecería en 16%. Esta característica puede ocasionar alguna pérdida a corto plazo en el valor de mercado. (p. 439)

## **II.3. TERMINOLOGÍA ASOCIADA A INSTRUMENTOS DE RENTA FIJA**

En la mayoría de las operaciones de deudas emitidas, entre ellas los bonos, el monto del capital se reembolsa al vencimiento, por lo que frecuentemente se hace referencia al valor del principal como valor al vencimiento. Este valor generalmente se escribe sobre la carátula del instrumento de endeudamiento o del certificado, razón por la cual también recibe el nombre de valor nominal.

El bono común se caracteriza por una promesa de pagar al inversionista dos tipos de flujos de efectivo. El primero implica el pago periódico de una cantidad monetaria fija, con el último pago en una fecha establecida. El segundo tipo de flujos de efectivo implica el pago de una suma global en esta fecha establecida. Los pagos periódicos se conocen como pagos de cupones, y el pago de la suma global se conoce como el valor nominal.

La tasa de cupón de un bono se calcula restando la cantidad monetaria de los pagos de cupones que recibirá un tenedor de bonos durante el curso de un año y dividiendo este total entre el valor a la par del bono.

El tiempo restante hasta que se haga el último pago prometido se conoce como plazo de vencimiento del bono, y la tasa de descuento que hace que el valor presente de todos los flujos de efectivo sea igual al precio de mercado del bono, se conoce como rendimiento al vencimiento del bono.

El precio de mercado de un bono está determinado principalmente por el flujo de efectivo que genera, o por los intereses que paga, lo cual depende de la tasa de interés del cupón. Así, si un bono tiene un precio de mercado que es igual a su valor a la par, entonces su rendimiento al vencimiento es igual a su tasa de cupón. Sin embargo, si el precio del mercado es menor que el valor a la par (bono que se vende con descuento), entonces el bono tiene un rendimiento al vencimiento que es mayor que la tasa de cupón. Por el contrario, si el precio de mercado es mayor que el valor a la par (bono que se vende con prima), entonces el bono tiene un rendimiento al vencimiento que es menor que la tasa de cupón.

Con frecuencia, los bonos incluyen una cláusula en virtud de la cual el emisor puede liquidarlos antes del vencimiento. Esta característica se conoce con el nombre de cláusula de reembolso. Si un bono es reembolsable, y las tasas de interés de la economía disminuyen, la compañía podrá vender una nueva emisión de bonos con bajas tasas de interés y emplear los fondos resultantes para retirar la antigua emisión sujeta a altas tasas.

Un bono recién emitido se conoce con el nombre de nueva emisión. Una vez que ha estado en el mercado durante un tiempo, se clasifica como bono en circulación. Por lo general, los bonos emitidos en forma reciente se venden a un precio muy cercano a su valor nominal; pero los precios de los bonos en circulación pueden variar ampliamente respecto del mismo.

La prima del bono se refiere a la cantidad por encima del valor nominal (PAR) que traerá un bono al mercado abierto. La prima de bono a menudo se ve expresada como porcentaje y se calcula al dividir el valor nominal del bono por su valor de mercado.

## II.4. MODELO BÁSICO DE VALUACIÓN DE BONOS

La valuación de un activo financiero se basa en la determinación del valor presente de los flujos futuros de efectivo. Por lo tanto, para determinar su valor corriente, debemos conocer el valor de los flujos futuros de efectivo y la tasa de descuento que se aplicará a éstos.

La tasa de rendimiento esperada que determina el mercado, o sea la tasa de descuento, depende del nivel de riesgo que perciba el mercado en relación con un determinado valor.

El planteamiento para la valuación de bonos se expresa de la siguiente manera según Block, Hirt y Danielsen (2011):

$$P_b = \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+Y)^t} + \frac{P_n}{(1+Y)^n}$$

Donde:

$P_b$  = Precio del bono

$I_t$  = Pagos de intereses

$P_n$  = Pago del principal al vencimiento

$t$  = Número correspondiente a un periodo (de 1 a  $n$ )

$n$  = Número de periodos

$Y$  = Rendimiento al vencimiento (o tasa de rendimiento esperada)

El primer término de la ecuación indica la suma de los valores presentes de los pagos de intereses ( $I_t$ ); el segundo término indica que se considera el valor presente del pago del principal al vencimiento ( $P_n$ ). La respuesta que se deriva recibe el nombre de  $P_b$  (precio del bono). (p. 249)



## **II.5. CAMBIOS EN LOS VALORES DE LOS BONOS A TRAVÉS DEL TIEMPO**

El riesgo en la variación de las tasas de interés resulta un reto para un administrador de portafolio de inversiones, al generarse la necesidad de cobertura que le permita minimizar el impacto ante cambios no deseados en el rendimiento de su cartera de inversiones.

Las variaciones en las tasas de interés van a generar dos tipos de cambios: por una parte se van a ver alterados los valores actuales de los activos financieros que conforman el portafolio y, por otro lado, se van a estar viendo modificadas las posibilidades de reinversión de los flujos que son liberados por los activos que conforman el portafolio.

La alteración que se produce en el valor actual de la cartera de inversiones, se comporta de forma inversa a las variaciones en las tasas de interés; es decir, si las tasas de interés que se utilizan para descontar los flujos de efectivo suben, el valor actual de las inversiones caerá.

Pero, en forma simultánea, ante el mismo escenario donde se eleven las tasas de interés, las posibilidades de reinversión de los flujos de caja se van a ver incrementadas.

El rendimiento al vencimiento o tasa de descuento, es la tasa de rendimiento esperada por los tenedores de bonos. Existen tres factores que influyen sobre ésta:

### **II.5.1. La tasa de rendimiento esperada**

Ésta es la tasa de rendimiento que el inversionista demanda por ceder el uso a corriente de los fondos, sin tomar en cuenta la inflación. Es la renta financiera que el inversionista cobra por el uso de sus fondos durante un periodo cualquiera.

### **II.5.2. Prima de inflación**

Además de la tasa de rendimiento esperada, el inversionista demanda una prima para compensar la erosión que el efecto de la inflación produce sobre el valor del dinero. El tamaño de la prima de inflación se suma por tanto a la tasa real de rendimiento. El tamaño de la prima de inflación se debe basar en las expectativas del inversionista respecto a la inflación futura.

Si se combina la tasa real de rendimiento y la prima de inflación se determina la tasa de rendimiento libre de riesgo. Ésta es la tasa que compensa al inversionista por el uso actual de sus fondos y por la pérdida del poder adquisitivo debido a la inflación.

### **II.5.3. Prima de riesgo**

Ésta es una prima asociada a los riesgos especiales de una inversión determinada. Dos tipos de riesgo que tienen gran interés para los inversionistas son el riesgo del negocio y el riesgo financiero. El riesgo del negocio se refiere a la posible incapacidad de la empresa para mantener su posición competitiva y sostenimiento de la estabilidad y el crecimiento de sus utilidades. El riesgo financiero se relaciona con la posible incapacidad de la empresa para cumplir las obligaciones de su deuda al vencimiento.

Por tanto, una inflación creciente provoca que el rendimiento al vencimiento ascienda y que el precio del bono disminuya. El efecto contrario sucedería si la tasa de rendimiento esperada disminuyera como resultado de una inflación más baja, de una menor cantidad de riesgo o de otros factores.

Cuando la tasa de interés sobre el bono y el rendimiento al vencimiento son iguales, el bono se negociará a su valor a la par. Cuanto más cambie el rendimiento al vencimiento sobre un bono respecto a la tasa de interés pactada del bono, tanto mayor será el efecto del cambio de precio. Aun cuando los movimientos de precio no son simétricos en cuanto al precio del bono cuando la dimensión del tiempo es la fecha de vencimiento del bono, sí lo son en cuanto a la duración del bono. La duración representa el promedio ponderado del periodo para volver a captar el principal y los intereses sobre el bono.

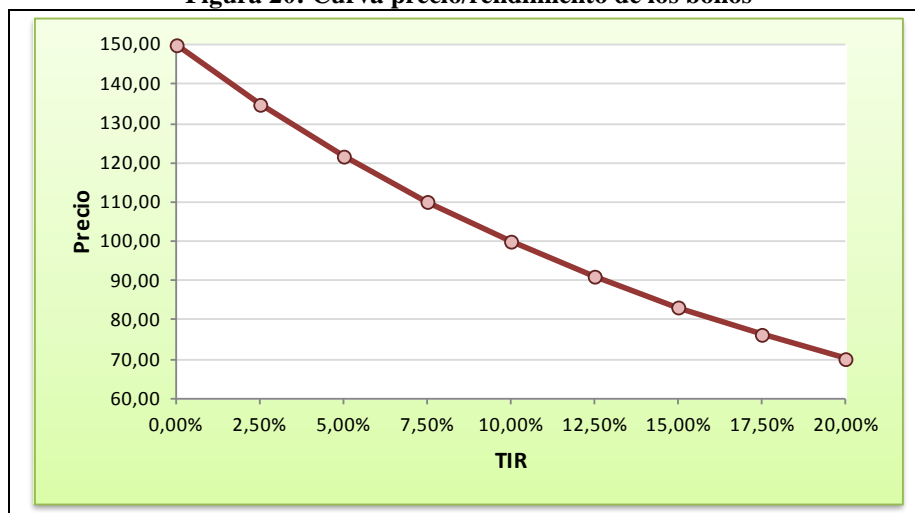
## II.6. TEOREMAS DE LA VALORACIÓN DE LOS BONOS

Mascareñas (2006) señala:

### II.6.1. Teorema Primero

Si el precio de mercado de un bono aumenta, entonces su rendimiento hasta el vencimiento deberá decrecer; o bien, si aquél descendiese, éste aumentará. Así pues, el rendimiento hasta el vencimiento del bono es una función inversa del precio de mercado (p.2)

**Figura 20: Curva precio/rendimiento de los bonos**



**Fuente: (Mascareñas, 2006, p. 2)**

Este teorema demuestra que el precio de un bono va en función inversa de su rendimiento hasta el vencimiento, siendo esta tasa interna de rentabilidad una medida de lo que el mercado está dispuesto a pagar por esa obligación.

Los tenedores de los bonos invierten dinero y reciben un ingreso cupón de manera periódica, y a la maduración del bono reciben su inversión inicial. Entre tanto, los precios de los bonos varían en respuesta a la oferta y la demanda lo cual se refiere al estado general de la economía que lleva implícito el riesgo de la inflación. Así pues, la inflación continua deprecia el valor de la maduración del bono.

## II.6.2. Teorema Segundo

Si el rendimiento de un bono no varía a lo largo de su vida, el tamaño de su descuento, o de su prima, descenderá conforme su vida se acorte (p.3)

**Tabla 8: Teorema Segundo de la valoración de bonos según Mascareñas**

Datos del Bono		Año	Precio	Rendimiento	Cupón	Prima
vencimiento (años)	5	5	110,00	7,53%	10,00	10,00%
nominal	100	4	108,26	7,53%	10,00	8,26%
cupón	10	3	106,42	7,53%	10,00	6,42%
tasa cupón	10%	2	104,43	7,53%	10,00	4,43%
		1	102,29	7,53%	10,00	2,29%
		0	100,00	7,53%	10,00	0,00%

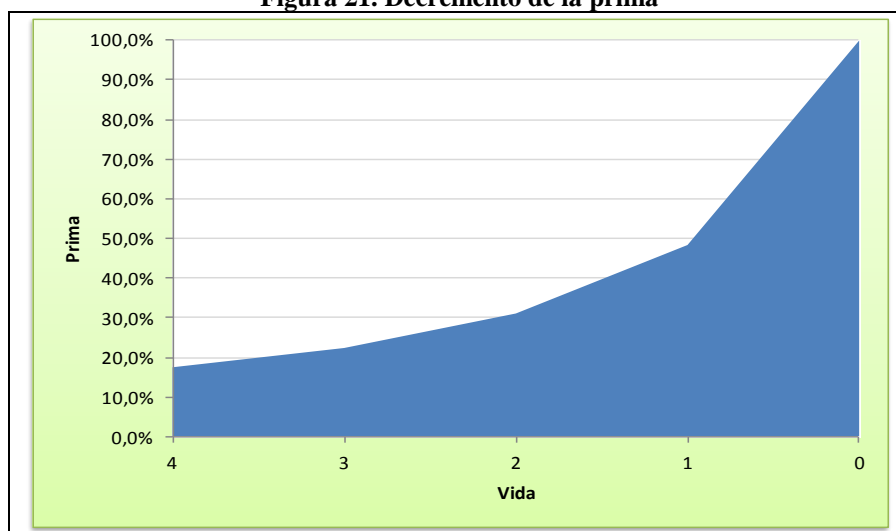
**Fuente: Elaboración Propia**

Otra interpretación de este teorema es que si dos bonos tienen tasas de cupón, valores a la par y rendimientos iguales, entonces el que tenga una vida más corta se venderá con un descuento o prima menor. Considerando dos bonos, uno con vida de cinco años y el otro con una vida de cuatro años. Ambos bonos tienen un valor a la par de \$1.000 pagan cupones anuales de \$60 y rinden 9%. En esta situación, el bono con una vida de cinco años tiene un descuento de \$116,69 (= \$1000 - \$883,31), mientras que el bono con una vida de cuatro años tiene un descuento menor de \$97,19 (= \$1000 - \$902,81)

## II.6.3. Teorema Tercero

Si el rendimiento de un bono no varía hasta la fecha de su vencimiento, entonces el tamaño de su descuento, o de su prima, decrecerá a una tasa creciente conforme su vida se acorte (p.3)

**Figura 21. Decremento de la prima**



**Fuente: (Mascareñas, 2006, p. 3)**

## II.6.4. Teorema Cuarto

Si el rendimiento del bono aumenta o disminuye en la misma cantidad, la variación que producirá en su precio de mercado será mayor cuando éste último aumente (el rendimiento decrece) que cuando disminuya (el rendimiento crece). La variación del precio es asimétrica (p.4)

**Tabla 9. Teorema Cuarto de la valoración de bonos según Mascareñas**

TIR	Precio	Diferencia	Variación
15%	83,24		
14%	86,27	3,03	3,64%
13%	89,45	3,18	3,69%
12%	92,79	3,34	3,73%
11%	96,30	3,51	3,78%
10%	100,00	3,70	3,84%
9%	103,89	3,89	3,89%
8%	107,99	4,10	3,95%

Fuente: Elaboración Propia

Si la variación del rendimiento hasta el vencimiento fuese muy pequeña, el cambio del precio es prácticamente el mismo, sea cual sea la dirección de dicha variación.

**Tabla 10. Variación del Teorema Segundo de la valoración de bonos según Mascareñas**

TIR	Precio	Diferencia	Variación
10,01%	99,9621		
10,00%	100,0000	0,0379	0,04%
9,99%	100,0379	0,0379	0,04%

Fuente: Elaboración Propia

## II.6.5. Teorema Quinto

El porcentaje de variación en el precio del bono debido a un cambio en su rendimiento será menor cuanto mayor sea el tipo de interés del cupón. A esto se le denomina efecto cupón. Así que cuanto más grandes sean los cupones, menor será la variación del precio; el caso opuesto es el del bono cupón-cero, cuyo precio es el que más varía ante los cambios habidos en los tipos de interés (p.4)

**Tabla 11. Teorema Quinto de la valoración de bonos según Mascareñas**

CUPON	P (i = 12%)	P (i = 15%)	Dif.	Variac. (n = 5)
15	110,81	100,00	10,81	9,76%
12	100,00	89,94	10,06	10,06%
9	89,19	79,89	9,30	10,43%
6	78,37	69,83	8,54	10,90%
3	67,56	59,77	7,79	11,53%
0	56,74	49,72	7,02	12,37%

Fuente: (Mascareñas, 2006, p. 5)

Considerando el mismo ejemplo para un bono cuyo plazo de amortización es de 10 años, además de observarse el mismo proceso de aumento de las variaciones de los precios teóricos a medida que los cupones descienden de tamaño, se observa que las variaciones en los precios del bono de mayor plazo son mayores que las del bono de menor plazo ante cambios en los tipos de interés.

**Tabla 12. Variación del Teorema Quinto de la valoración de bonos según Mascareñas**

CUPON	P (i = 12%)	P (i = 15%)	Dif.	Variac. (n =10)
15	116,95	100,00	16,95	14,49%
12	100,00	84,94	15,06	15,06%
9	83,05	69,89	13,16	15,85%
6	66,10	54,83	11,27	17,05%
3	49,15	39,77	9,38	19,08%
0	32,20	24,72	7,48	23,23%

**Fuente: (Mascareñas, 2006, p. 5)**

La razón para la existencia del efecto cupón es que cuanto más pequeños sean los cupones, mayor será la parte del rendimiento total del bono que vendrá reflejada por el pago del último cupón más la devolución del principal en relación a los pagos de los otros cupones; incluso, a pesar de que lo que se compara es el valor actual de los pagos y que, por tanto, los cupones intermedios son descontados desde fechas más cercanas al momento de la adquisición del título que el último pago, lo que implica que la importancia relativa del principal es mayor cuando los cupones son más pequeños.

En efecto, el plazo verdadero es mayor para un bono con cupones pequeños que para uno que los tuviese mayores (el caso extremo sería un bono cupón-cero)

Las variaciones en el precio son mayores tanto si el plazo de la emisión es más grande como si los cupones son más pequeños, ello se debe a que las emisiones que tienen plazos más cortos y/o cupones más altos proporcionan los flujos de caja esperados con mayor rapidez y, por lo tanto, su precio intrínseco oscila menos ante variaciones en los tipos de interés.

## II.7. EL CONCEPTO DE DURACIÓN

El concepto de duración fue desarrollado por Frederick Macaulay en 1938, y hace referencia a la media ponderada de los distintos vencimientos de los flujos de caja de un activo financiero. Dicha medida también puede ser considerada como un índice de la sensibilidad del precio de un bono con relación a variaciones en las tasas de interés.

La compra de un bono proporciona distintos flujos de caja para el tenedor (cobros) a lo largo de la vida del título antes de ser amortizado.

Otra forma de definir el concepto de duración sería el plazo hasta el vencimiento de un bono cupón cero equivalente (un bono con un solo flujo de caja, en el que se devuelve el principal y los intereses de forma conjunta).

La duración, expresada en años, indica el plazo por vencer promedio del papel. Se habla de promedio porque los bonos poseen algunos flujos de pago, cada uno con un plazo de vencimiento distinto. La duración arrojará los años (o días) por vencer que en promedio presenta el bono en mención. Cabe

señalar que no es un promedio simple sino un promedio ponderado, usando como ponderador al valor actual de cada flujo.

La duración servirá entonces como un criterio adicional al momento de elegir entre distintos bonos, ya que dará una idea más precisa de la longitud media del tiempo en la que se espera cobrar una inversión en bonos y es por ello que ha de considerarse dentro de la medida de riesgo de los títulos. Por ejemplo, si se comparan dos bonos que tienen el mismo plazo de vencimiento y el mismo rendimiento, pero en uno se pagan todos los intereses en el momento de la amortización (bono cero cupón) y en otro se van pagando los intereses a lo largo de la vida del título, el primero tiene mayor riesgo de insolvencia y de variación de tipos de interés que el segundo.

El concepto de duración ha reemplazado al concepto de madurez como medida de la longitud de la corriente de pagos, porque la madurez mide exclusivamente el tiempo que transcurre hasta el último pago sin tener en cuenta el momento y la cuantía del resto de los demás pagos.

Los factores que condicionan la duración de un bono son:

A mayor vencimiento más duración, esto es, plazo para recuperar la inversión.

A mayor cupón, menos duración.

A mayor TIR, menos duración ya que la tasa de reinversión de los cupones es mayor.

Opciones de amortización. La posibilidad de reembolso anticipado del bono, reduce el vencimiento promedio de los flujos de caja del mismo, así como el número de estos, todo lo cual produce un acortamiento de la duración.

La duración de una cartera de activos es igual a la media ponderada de las duraciones de cada uno de los activos siendo el factor de ponderación la relación existente entre el valor de mercado de cada activo y el valor de mercado de la cartera.

Según Mascareñas (2006):

La expresión matemática de la duración, en forma discreta, es:

$$D = \frac{\sum_{n=1}^m \frac{n \times Q_n}{(1+r)^n}}{\sum_{n=1}^m \frac{Q_n}{(1+r)^n}} = \frac{1}{P_0} \times \sum_{n=1}^m \frac{n \times Q_n}{(1+r)^n}$$

Donde:

$P_0$  : representa el precio de mercado del bono en la actualidad

$Q_n$  : es el flujo de caja del periodo (cupón más principal)

$r$  : es la tasa de rendimiento hasta el vencimiento, y

$n$  : es el número de años hasta el vencimiento

La ecuación de duración calcula el valor actual de cada uno de los flujos de efectivo y pondera cada uno por el tiempo hasta que se reciba. Todos estos flujos de efectivo ponderados se suman y la suma se divide entre el valor actual del bono.

Mascareñas (2006), señala:

Para un bono del tipo cupón cero, la duración coincide con el plazo hasta su vencimiento (n años). Sin embargo, para un bono clásico parte de su valor actual se deriva de la corriente de los flujos de caja habidos antes de su vencimiento, lo que hace que su duración sea menor que el plazo hasta su vencimiento (p. 7)

Aplicando el concepto de duración a un bono nominal de 1.000 € con un plazo de vencimiento situado en 5 años, que paga un 7% de interés anual al final de cada año y se le estima un rendimiento anual del 8% hasta su vencimiento, se obtiene lo siguiente:

**Tabla 13. Aplicación de la expresión discreta para el concepto de duración**

PERÍODOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO	VALOR PRESENTE	Término $\Sigma$ ecuación Duración	PESOS
1	70	0,92593	64,8148	64,81	6,75%
2	70	0,85734	60,0137	120,03	6,25%
3	70	0,79383	55,5683	166,70	5,79%
4	70	0,73503	51,4521	205,81	5,36%
5	1070	0,68058	728,2240	3.641,12	75,85%
		$P_0$	<b>960,0729</b>	<b>4.198,48</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: (Mascareñas, 2006, p. 7)

Donde el término duración resulta al dividir la suma de la columna representativa del valor actual ponderado: 4.198,48 entre el precio teórico del bono: 960.073 €. El valor de la duración para este activo financiero es de 4,373 años, existiendo una diferencia de 0,627 años con relación a la vida de la emisión, lo cual se debe a que parte de los flujos de tesorería se reciben antes del vencimiento de la misma.

En la columna de la derecha de la tabla se muestra el porcentaje del valor actual que se obtiene cada vez que el tenedor del bono recibe un flujo de caja. Así, cuando obtiene el primero habrá obtenido el 6,75% del valor actual total de la emisión que es de 960.073 €, en el momento de obtener el segundo flujo obtiene 6,25% más de dicho valor y así sucesivamente. Por lo tanto, hay unos flujos que son más importantes de recibir que otros, debido a la parte que se recupera del valor actual de la emisión.

Según Mascareñas (2006):

Cada período tiene una importancia distinta para el inversor, la cual dependerá del peso que tenga el valor real del flujo prometido en relación al valor actual de la emisión. Esto es lo que hace que si se quiere obtener la duración de una emisión debamos calcular la media de los diversos periodos de tiempo sobre los que se extiende la misma, ponderados por su importancia con arreglo al valor actual de los flujos de caja que cada uno de ellos proporciona (p.8)

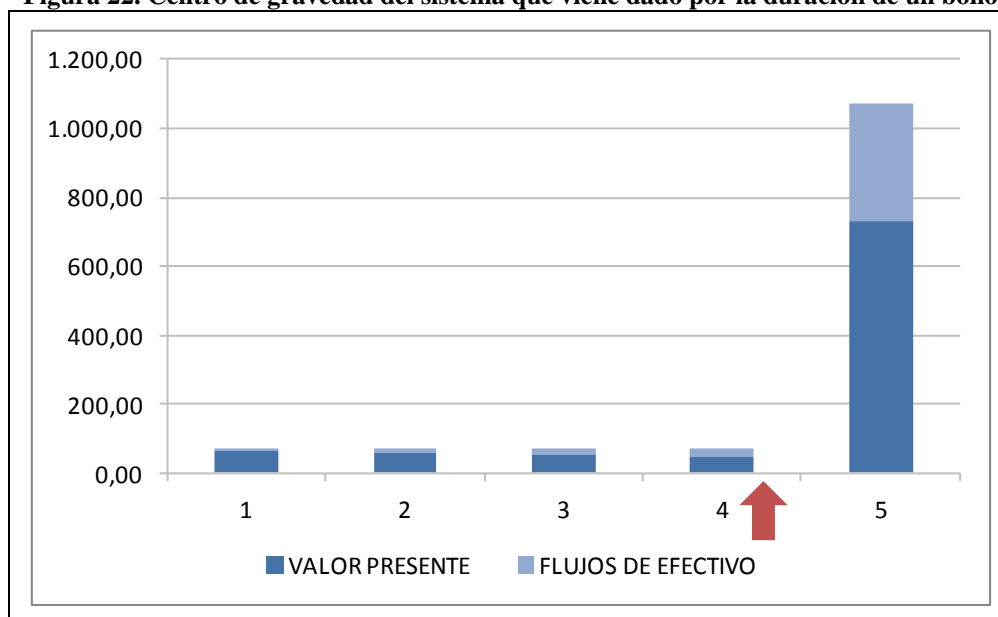
La razón por la que el concepto de duración reemplaza al de madurez, radica en que ésta última se refiere al instante del tiempo en que tiene lugar el último pago del empréstito, ignorando completamente el momento y la magnitud del resto de los pagos que van a ser efectuados desde el momento actual hasta su vencimiento. Debido a esto, la duración es una medida mucho más exacta

de la longitud media del tiempo en la que el inversor espera obtener su dinero en una inversión de bonos.

Según Mascareñas (2006):

Otra forma de entender el concepto de duración es verla como el fiel de una balanza que se encuentra en equilibrio y en cuyo plato figuran los valores actuales de los flujos de caja prometidos por un bono. Las distancias que separan las masas a pesar (flujos de caja actualizados) son proporcionales a los plazos existentes entre los respectivos flujos y los pesos de las masas son proporcionales a sus valores actuales. El centro de gravedad de este sistema viene dado por la duración. (p. 8)

**Figura 22. Centro de gravedad del sistema que viene dado por la duración de un bono**



Fuente: (Mascareñas, 2006, p. 8)

Pero existen otras expresiones matemáticas que permiten calcular el valor de la duración de los bonos. Una de estas expresiones se calcula de la siguiente forma, con la condición que los periodos de tiempo entre cupones siempre sea un número entero:

$$D = \frac{1 + r}{r} - \frac{n(c - r) + (1 + r)}{c(1 + r)^n - (c - r)}$$

Donde  $r$  es el rendimiento hasta el vencimiento del bono;  $n$  es el número de periodos que restan hasta la fecha de maduración del bono y  $c$  es el tipo de interés nominal del cupón. Así, por ejemplo, en el caso anterior  $r$  es el 8% anual;  $c$  es el 7% anual;  $n$  es cinco años:

$$D = \frac{1 + 0,08}{0,08} - \frac{5(0,07 - 0,08) + (1 + 0,08)}{0,07(1 + 0,08)^5 - (0,07 - 0,08)} = 4,373 \text{ años}$$

Por otra parte, dado que la duración es una medida de elasticidad, puede utilizarse para aproximar el cambio absoluto en el valor de un activo financiero o de una cartera de inversiones.

Otra manera de expresar el concepto de duración como el negativo de la elasticidad-precio del bono con relación a un cambio en el factor de descuento  $(1+r)$



## II.8. VOLATILIDAD DE LOS BONOS

La volatilidad de los bonos u obligaciones hace referencia a la sensibilidad del precio del activo financiero con relación a los cambios que se produzcan en el tipo de interés.

“Así que la podemos definir como la variación que se produce en el precio del bono con respecto a un incremento (o decremento) de cien puntos básicos (1%) del rendimiento hasta el vencimiento del mismo” (Mascareñas, 2006, p. 9)

Para evaluar este concepto, supongamos un bono nominal de 1.000 €, con un plazo de vencimiento situado dentro de cinco años, que paga un 7% de interés anual al final de cada año (70 euros por cupón) y se le estima un rendimiento anual del 8% hasta su vencimiento.

El precio teórico si el rendimiento es del 8% será:

$$P_0 = \frac{70}{1,08} + \frac{70}{1,08^2} + \frac{70}{1,08^3} + \frac{70}{1,08^4} + \frac{1.070}{1,08^5} = 960,07 \text{ €}$$

Si el tipo de interés del mercado desciende un 1%, el precio teórico tomará un valor de:

$$P_0 = \frac{70}{1,07} + \frac{70}{1,07^2} + \frac{70}{1,07^3} + \frac{70}{1,07^4} + \frac{1.070}{1,07^5} = 1.000 \text{ €}$$

Calculando cuánto varía porcentualmente el precio ante la variación del 1% en el tipo de interés, se obtiene lo siguiente:

$$(1.000 - 960,07) \div 960,07 = 0,04159 = 4,159\%$$

Asumiendo que el tipo de interés del mercado hubiese aumentado en 1%, el precio del bono sería el siguiente:

$$P_0 = \frac{70}{1,09} + \frac{70}{1,09^2} + \frac{70}{1,09^3} + \frac{70}{1,09^4} + \frac{1.070}{1,09^5} = 922,2 \text{ €}$$

La variación porcentual en este caso sería el siguiente:

$$(922,2 - 960,07) \div 960,07 = -0,039445 = -3,9445\%$$

Calculando el valor medio de los valores absolutos de ambas variaciones se obtiene un valor promedio igual a 4,05175%, cifra que indica el riesgo de interés del bono (cuánto variará el precio teórico del bono ante una variación porcentual del tipo de interés  $\pm 1\%$ )

$$\frac{4,159\% + |-3,9445\%|}{2} = 4,05175\%$$

## II.9. DURACIÓN MODIFICADA

La duración modificada permite conectar los conceptos de volatilidad y duración. Definida por Mascareñas de la siguiente manera:

$$D^* = \frac{D}{1 + r}$$

Donde D representa la duración y r el tipo de rendimiento anual hasta el vencimiento.

Mostrando la ecuación representativa de la volatilidad del bono, veremos que es aproximadamente igual a la duración modificada. La volatilidad es negativa, lo que indica que a un aumento del rendimiento le seguirá un descenso en el precio; es decir, ambas variables están relacionadas inversamente entre sí.

$$D^* \approx - \frac{(P_1 - P_0)/P_0}{(r_1 - r_0)} = - \frac{\Delta P/P_0}{\Delta r}$$

Donde  $P_0$  indica el precio del bono antes del cambio del rendimiento;  $P_1$  el precio del bono después de variar aquél; y  $\Delta r$  es la variación del rendimiento que será igual a 100 puntos básicos. Sustituyendo en la ecuación anterior la duración modificada ( $D^*$ ) por la duración de Macaulay ( $D$ ), el resultado es el siguiente:

$$D^* \approx - \frac{(P_1 - P_0)/P_0}{(r_1 - r_0)/(1 + r_0)} = - \frac{\Delta P/P_0}{\Delta r} (1 + r_0)$$

Así por ejemplo, la duración modificada para el ejemplo del bono con valor nominal de 1.000 €, con un plazo de vencimiento situado en 5 años, que paga un 7% de interés anual al final de cada año y que se le estima un rendimiento anual del 8% hasta su vencimiento, es de  $4,373 \div 1,08 = 4,049\%$ , cifra muy parecida a la de la volatilidad de 4,05175%. La duración modificada se expresa en tanto por ciento, y no en unidades de tiempo.

La razón de que no coincidan exactamente los valores de la volatilidad y de la duración modificada para el ejemplo presentado, se debe a que esta última está basada en la derivada de  $P_0$  con respecto al rendimiento ( $dP_0/dr$ ), refiriéndose las derivadas a cambios infinitesimales de las variables. De esta manera se puede ver como la duración además de ser una medida del plazo del bono, es una medida de la volatilidad del mismo.

A continuación se muestra como la duración modificada ( $D^*$ ) es en realidad la derivada del precio con respecto al rendimiento ( $dP_0/dr$ ) dividido por el precio inicial ( $P_0$ ). Para ello hay que tomar en cuenta que la variación del rendimiento tienda a ser infinitesimalmente lo que justificará la utilización de la derivada.

A continuación se presenta la demostración matemática:

$$D^* \approx - \frac{(P_1 - P_0)/P_0}{(r_1 - r_0)} = - \frac{\Delta P/P_0}{\Delta r} \quad (1)$$

$$\frac{dP/P_0}{dr} = \frac{dP}{dr} \times \frac{1}{P_0}$$

El valor de un bono se expresa de la siguiente forma,

$$P = \frac{F_1}{(1+r)} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{F_j}{(1+r)^n} + \frac{A}{(1+r)^n}$$

Donde,

$F_t$  = Flujo de interés pagado por el bono en el periodo  $t$

$A$  = Amortización del bono, efectuado en el periodo final de vigencia del bono

$r$  = tasa de interés pactada inicialmente

$P$  = valor del bono

$n$  = plazo de vigencia del bono

Derivando el valor se obtiene,

$$\frac{dP}{dr} = -F_1(1+r)^{-2} - 2F_2(1+r)^{-3} \dots - nF_n(1+r)^{n+1} - nA(1+r)^{n+1}$$

$$\frac{dP}{dr} = \sum_{n=1}^m \frac{-nF_n}{(1+r)^{n+1}} = \frac{1}{(1+r)} \sum_{n=1}^m \frac{-nF_n}{(1+r)^n} \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1), resulta lo siguiente:

$$D^* = \frac{1}{P_0} \times \frac{dP}{dr} = \frac{1}{P_0} \times \frac{1}{(1+r)} \sum_{n=1}^m \frac{-nF_n}{(1+r)^n}$$

$$D^* = \frac{D}{(1+r)} \quad (3)$$

## II.10. LA DURACIÓN COMO UNA MEDIDA DE ELASTICIDAD

Retomando la expresión del valor de un bono, se expresa de la siguiente forma:

$$P = \frac{F_1}{(1+r)} + \frac{F_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{F_j}{(1+r)^n} + \frac{A}{(1+r)^n}$$

Si se deriva el valor respecto al factor de actualización, se obtiene lo siguiente:

$$\frac{dP}{d(1+r)} = -F_1(1+r)^{-2} - 2F_2(1+r)^{-3} \dots - nF_n(1+r)^{n+1} - nA(1+r)^{n+1}$$

Multiplicando ambos miembros por  $(1+r)/P$  y además, por ser el bono un instrumento donde  $P$  es el precio del bono según una nueva tasa de renta fija (se sabe que  $F_1 = F_2 = F_3 = F_n = F$ ), entonces se tiene:

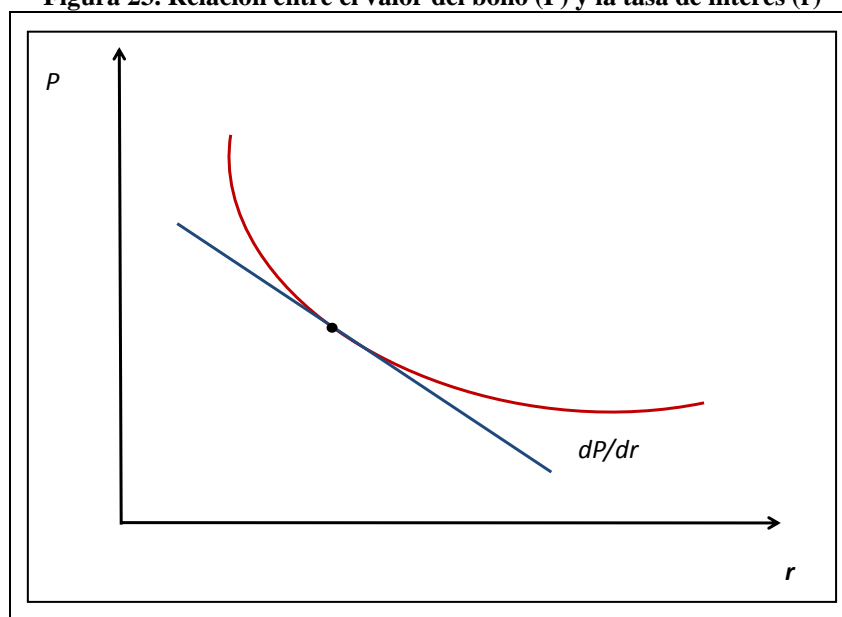
$$\frac{dP/P}{d(1+r)/(1+r)} = -\frac{1}{P} \left[ \frac{F}{(1+r)} + \frac{2F}{(1+r)^2} + \dots + \frac{nF}{(1+r)^n} + \frac{nA}{(1+r)^n} \right]$$

El lado izquierdo de la ecuación es un concepto de elasticidad y representa el cambio porcentual que debería sufrir el valor de un bono, ante un cambio porcentual muy pequeño en la tasa de interés. Por otro lado, el signo negativo implica que ante un aumento de la tasa de interés, el precio del bono debería bajar, para que éste sea demandado frente a otras alternativas del mercado que a esa mayor tasa tendrían mayor demanda.

En verdad  $dP/P$  representa el cambio (en tanto por uno) del valor del bono y  $d(1+r)/(1+r)$  representa el cambio de la tasa de interés, por lo que el cociente entre ambos sigue siendo un concepto de elasticidad y representa el cambio, en número de veces, que se dará en el valor del bono ante cambios muy pequeños en la tasa de interés; en términos discretos indica el cambio en el valor ante cambios en una unidad en la tasa de interés.

Esta interpretación de elasticidad tiene validez considerando los supuestos implícitos en Cálculo Diferencial, es decir, que la función que represente al valor del bono sea continua, lo que permite que sea derivable en toda su extensión, y lo segundo es que la derivada es un límite cuando la variación en la tasa de interés tiende a cero. Por otro lado, si existe esa función continua, el lado izquierdo de la ecuación es la pendiente de la curva de precio del bono.

**Figura 23. Relación entre el valor del bono (P) y la tasa de interés (r)**



Fuente: Elaboración Propia

## II.11. CARACTERÍSTICAS DE LA DURACIÓN DE UN BONO

Cuando un bono tiene cupones, la duración tiende a ser menor que el plazo de maduración ya que la duración es un promedio ponderado de tiempo en la recuperación de principal e intereses.

Un bono que no tenga cupones (bono de descuento puro) tiene una duración igual al plazo de vencimiento, debido a que sólo existe un único flujo al final del período de inversión.

Existe generalmente una relación positiva entre el plazo de maduración y la duración de un bono. Sin embargo, todo depende de la tasa facial y el rendimiento vigente en el mercado.

Se observa que los bonos con tasas faciales mayores tienen duraciones menores debido al efecto de los montos de los cupones en el cálculo de este indicador.

Entre mayor sea el rendimiento de mercado, menor será la duración del bono.

Cuanto mayor sea la duración, mayor será la volatilidad del bono.

La duración de un bono se alarga cuando el mercado es alcista (aumentan las ganancias de capital al aumentar los precios y descender los rendimientos) y se acorta cuando es bajista (suavizando las caídas de los precios debidas a incrementos en los rendimientos).

## **II.12. LAS VARIABLES DETERMINANTES DE LA DURACIÓN**

### **II.12.1. El cupón**

La duración y el tipo de interés pagado a través del cupón están relacionados inversamente, pues a mayor tipo de interés menor duración. Cuanto mayor sea el cupón, el propietario del bono recibe una cantidad mayor de flujos de caja en los primeros años de la vida del bono, lo cual disminuye la duración. También cuanto mayor sea la frecuencia de pago de los cupones, menor será la duración de la emisión.

### **II.12.2. El plazo hasta el vencimiento**

Cuanto mayor sea el plazo hasta el vencimiento, mayor será la duración y mayor la volatilidad del bono. Cuanto más se tarde en llegar a la fecha de vencimiento del bono, mayor será el riesgo de dejar de cobrar algún cupón. Al invertir en bonos a muy largo plazo no se asume un aumento sustancial del riesgo de interés por elegir los bonos de mayor vencimiento, lo que no ocurre en los bonos a corto y mediano plazo, donde sus diferenciales de riesgo (duración) son mayores.

Por otro lado, los bonos perpetuos tienen una duración cercana al inverso del rendimiento del bono hasta su vencimiento, sin importar cuál sea el cupón. Así, por ejemplo, un bono perpetuo que tenga un rendimiento esperado del 8%, tendrá una duración de 13,5 años ( $D = [1 + r] / r$ ). De esta forma se pueden considerar a las acciones preferentes como un tipo de bono perpetuo cuya duración será igual a la inversa de su rendimiento actual.

### **II.12.3. El cupón corrido**

Cuando un bono es adquirido o vendido entre dos fechas consecutivas de pago del cupón, se encuentra sujeto al pago o cobro de un cupón corrido al que tiene derecho. Como el cálculo de la duración incorpora este precio global, ésta se encuentra relacionada inversamente con dicho cupón corrido. Es decir, un bono que tenga un cupón corrido tendrá una duración más pequeña que otro semejante que carezca del mismo.

### **II.12.4. El rendimiento hasta el vencimiento**

Existe una relación inversa entre la duración y el tamaño del rendimiento hasta el vencimiento. A mayor rendimiento, menor duración y volatilidad del bono. Esto es así, debido a que el rendimiento hasta el vencimiento es la tasa de descuento utilizada en la determinación del valor actual del bono y cuando aquél aumenta, desciende el valor actual de los flujos más lejanos en el tiempo. Por ello, las ponderaciones de estos flujos se reducen y la duración se aleja del momento del vencimiento (desciende)

### **II.12.5. La amortización parcial de la emisión**

Cuando un bono puede ser amortizado antes de su vencimiento, verá reducirse su duración en comparación con la de otros bonos semejantes que no tengan dicha posibilidad. El reembolso anticipado del bono reduce el vencimiento promedio de los flujos de caja del mismo, así como el número de éstos, lo cual producirá un acortamiento de la duración.

La duración del bono se verá acortada si la empresa emisora tiene la posibilidad de amortizar completamente la emisión antes de su fecha de vencimiento.

### **II.12.6. El paso del tiempo**

Conforme va transcurriendo el tiempo, la duración se va acortando. Esto es debido a que el último flujo de caja es el flujo de mayor valor de toda la inversión, por lo que ejerce su fuerza de atracción sobre la duración.

### **II.13. LIMITACIONES DEL CONCEPTO DE DURACIÓN**

Primero, la duración hace referencia únicamente al riesgo asociado con los cambios en los tipos de interés. Sin embargo, no refleja los cambios en el precio de mercado del bono procedentes de alteraciones en la corriente de los flujos de caja esperados. Esto puede suceder cuando el bono es convertible, o porque exista la posibilidad de ser amortizado anticipadamente por la empresa, o porque el riesgo de insolvencia de la empresa ha aumentado, entre otros.

Segundo, la duración se limita a medir la relación existente entre los cambios ocurridos en el rendimiento hasta el vencimiento.

Tercero, si bien es cierto que el precio de mercado de las emisiones de deuda con una duración mayor es más sensible que el precio de las emisiones con menor duración, ante un cambio dado en el rendimiento esperado hasta su vencimiento, también es verdad que el rendimiento de las emisiones de menor duración es más volátil que el de las de mayor. Esto último no lo refleja el concepto de duración y a la hora de valorar el riesgo final de la emisión es necesario tener en cuenta conjuntamente ambos factores.

Cuarto, es relativamente sencillo medir la duración de los bonos pero es bastante más complejo medir la de otras inversiones como las acciones ordinarias. Ello limita las posibilidades de valorar el riesgo de una cartera mixta formada por títulos de renta fija y variable a través del uso de la duración.

### **II.14. LA DURACIÓN DE UNA CARTERA DE RENTA FIJA**

“La duración de una cartera de bonos se medirá a través de la media ponderada del vencimiento de los flujos de caja de la cartera, utilizando como ponderación los valores actuales de dichos flujos” (Mascareñas, 2006, p. 19)

Según Mascareñas (2006):

El sistema de cálculo es el mismo que para los activos individuales con la única diferencia de que la misma es un conjunto de cupones con diferentes vencimientos y que, además, el rendimiento interno de la cartera, que es el que se utiliza para actualizar los flujos de caja, no coincide con el rendimiento medio ponderado de los rendimientos hasta el vencimiento de cada uno de los títulos que la componen (p. 19)

A continuación se presenta una cartera formada por cuatro títulos con diferentes vencimientos, que pagan distintos tipos de interés, con distintos precios de mercado, distintas TIR hasta el vencimiento, diferentes duraciones y diferentes ponderaciones dentro de la cartera:

**Tabla 14. Cartera de Renta Fija**

TÍTULOS	CUPON	PLAZO	PRECIO €	TIR	D	D*	VALOR DE MERCADO €	% CARTERA
A	7,00%	3	102,00	6,25%	2,81	2,64	20.000,00	20%
B	7,40%	5	102,26	6,85%	4,36	4,08	25.000,00	24%
C	7,80%	10	105,26	7,05%	7,37	6,89	30.000,00	30%
D	8,00%	15	107,95	7,12%	9,47	8,84	25.000,00	26%
<b>100.000,00</b>								

**Fuente: (Mascareñas 2006, p. 20)**

En la siguiente tabla se muestran los flujos de caja totales de cada título. La TIR de la cartera se ha calculado tomando como valor inicial de la misma su valor de mercado (100.000 €), obteniéndose un rendimiento de 7,73%. La duración de dicha cartera tomará un valor de 6,28 años y su duración modificada será de 5,83%.

**Tabla 15. Flujos de caja de cada título de renta fija**

AÑO	A	B	C	D	CARTERA
0					-100.000,00
1	1.400	1.850	2.340	2.000	7.590
2	1.400	1.850	2.340	2.000	7.590
3	21.400	1.850	2.340	2.000	27.590
4		1.850	2.340	2.000	6.190
5		1.850	2.340	2.000	6.190
6		26.850	2.340	2.000	31.190
7			2.340	2.000	4.340
8			2.340	2.000	4.340
9			2.340	2.000	4.340
10			2.340	2.000	4.340
11			32.340	2.000	34.340
12				2.000	2.000
13				2.000	2.000
14				2.000	2.000
15				27.000	27.000

**Fuente: (Mascareñas 2006, p. 20)**

El cálculo de la duración implica que los rendimientos de todos los títulos de igual riesgo son iguales, sean cuales sean sus plazos. En todo caso esta suposición no debería producir un error demasiado grande cuando el diferencial entre los tipos de interés a corto y largo plazo es pequeño. Caso contrario ocurriría si dicho diferencial fuera significativo.

Esta suposición permite calcular la duración de una cartera ( $D_p$ ) como la media ponderada de las duraciones de sus activos financieros componentes ( $D_i$ ).

$$D_p = D_1X_1 + D_2X_2 + \dots + D_nX_n$$

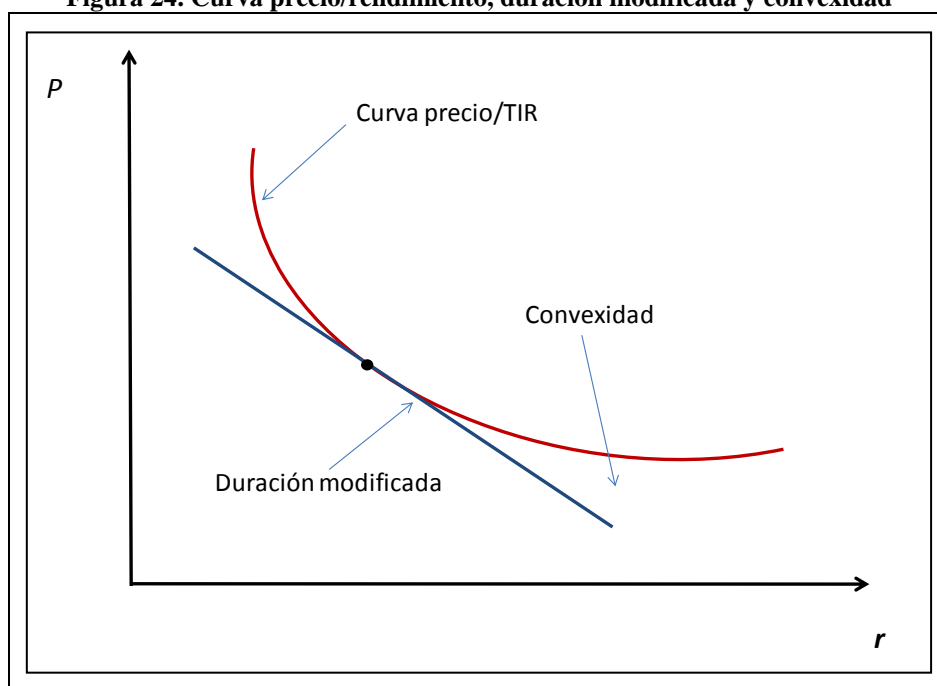
Donde  $X_i$  indica la ponderación del valor de mercado del activo en el valor de la cartera (la suma de todas las ponderaciones deberá ser igual a la unidad)

## II.15. EL CONCEPTO DE CONVEXIDAD

La duración establece que para pequeñas variaciones en la tasa de interés, el cambio porcentual en el precio será el mismo indistinto de si ocurre un aumento o una disminución en las tasas de interés. Sin embargo, para grandes variaciones en la tasa de interés, la apreciación que experimenta un bono es mayor a su depreciación. Este resultado se debe a la convexidad que exhibe la relación precio-rendimiento. En este sentido, la convexidad pretende capturar efectos no lineales en la relación precio-rendimiento.

En la figura que se muestra a continuación se observa dibujada la primera derivada de la curva precio-rendimiento:

**Figura 24. Curva precio/rendimiento, duración modificada y convexidad**



Fuente: (Mascareñas 2006, p.22)

La primera derivada de la función que dibuja dicha curva es la duración modificada, que dicho de otra forma, es la pendiente de la curva precio/rendimiento en un punto determinado que coincide con el rendimiento actual y que actúa de punto de tangencia entre ella y la recta representativa de la duración modificada.

La duración modificada es una estimación de tipo lineal de una relación precio/rendimiento no lineal, que puede ser utilizada para predecir la variación en el precio de los bonos cuando se mueven los tipos de interés..

$$\begin{aligned} & \% \text{ cambio en el precio de los bonos} \\ &= - \text{duración modificada} \times \% \text{ cambio en el rendimiento} \end{aligned}$$

La duración modificada explica bastante bien las variaciones en el precio debidas a pequeños cambios en el rendimiento, pero no funciona tan bien cuando estas alteraciones son grandes (más allá de 50 puntos de variación en los tipos de interés). Esto es debido a que la duración modificada asume que



existe una relación lineal entre las variaciones del rendimiento y las del precio, lo que implica cometer errores cuando las variaciones son de magnitud importante.

Con objeto de predecir dicho error, surge la convexidad, que es en realidad la segunda derivada de dicha curva y muestra cómo varía la duración modificada cuando se alteran los tipos de interés.

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} = \frac{1}{(1+r)^2} \sum_{n=1}^m \frac{n(n+1)Q_n}{(1+r)^n}$$

Donde  $Q_n$  es el cupón que el bono proporcionará en periodo  $n$ , el número máximo de periodos será  $m$  y  $r$  es la tasa de rendimiento interna de ese bono en el momento del análisis.

Así, si se requiere averiguar la variación en el precio de un bono debida a un ascenso del 1% en el tipo de interés, se sumaría la variación producida por la duración modificada y la producida por la convexidad para la misma variación en el rendimiento.

$$\frac{dP}{P} = -D^* \times (dr) + \left(\frac{1}{2}\right) \times \text{convexidad} \times (dr)^2$$

$$\frac{dP}{P} = -D^* \times (0,01) + \left(\frac{1}{2}\right) \times \text{convexidad} \times (0,01)^2$$

Supongamos una emisión de obligaciones a diez años, que paga un cupón de 70 euros por título y año vencido, que tiene un rendimiento hasta el vencimiento del 8%, una duración de 7,42 años y una duración modificada del 6,87%. En la siguiente tabla se puede ver lo que sucedería con el cambio porcentual en el precio al variar la tasa de rendimiento anual.

**Tabla 16. Ejemplo del cálculo de convexidad para un título de renta fija**

TIR (%)	% Cambio TIR	Precio Intrínseco	% Cambio del precio Actual	% Cambio del precio Estimado	Convexidad (%)
4,5	-3,50	1.197,8	28,40	24,05	4,35
5,0	-3,00	1.154,4	23,74	20,61	3,13
5,5	-2,50	1.113,1	19,32	17,18	2,14
6,0	-2,00	1.073,6	15,08	13,74	1,34
6,5	-1,50	1.035,9	11,04	10,31	0,74
7,0	-1,00	1.000,0	7,19	6,87	0,32
7,5	-0,50	965,7	3,52	3,44	0,08
<b>8,0</b>	<b>0,00</b>	<b>932,9</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
8,5	0,50	901,6	-3,36	-3,44	0,08
9,0	1,00	871,6	-6,57	-6,87	0,30
9,5	1,50	843,0	-9,64	-10,31	0,67
10,0	2,00	815,7	-12,56	-13,74	1,18
10,5	2,50	789,5	-15,37	-17,18	1,80
11,0	3,00	764,4	-18,06	-20,61	2,55
11,5	3,50	740,5	-20,62	-24,05	3,42

Fuente: (Mascareñas 2006, p. 24)

Cuanto más varíen los tipos de interés mayor es la diferencia entre el precio estimado a través de la duración modificada y el precio intrínseco del bono (mayor es la convexidad). La convexidad es prácticamente despreciable cuando la variación es igual o inferior a 50 puntos básicos.

Para corregir la duración modificada con la convexidad y para una variación de 3% de los tipos de interés hacia arriba o hacia abajo, lo primero será calcular la segunda derivada de la curva precio/rendimiento para un tipo de rendimiento del 8%:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} = \frac{1}{(1+r)^2} \sum_{n=1}^m \frac{n(n+1)F_n}{(1+r)^n}$$

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} = \frac{1}{(1,08)^2} \left[ \frac{1 \times 2 \times 70}{(1,08)} + \frac{2 \times 3 \times 70}{(1,08)^2} + \frac{3 \times 4 \times 70}{(1,08)^3} + \dots + \frac{10 \times 11 \times 1070}{(1,08)^{10}} \right]$$

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} = 58.425,22$$

A continuación se dividirá este monto entre el valor actual del bono (932,9 €) para obtener la convexidad: 62,63

Si los tipos de interés ascienden en un 3%:

$$\frac{dP}{P} = -6,87 \times (0,03) + \left(\frac{1}{2}\right) \times 62,63 \times (0,03)^2 = -17,79\%$$

Si los tipos de interés descienden en un 3%:

$$\frac{dP}{P} = -6,87 \times (-0,03) + \left(\frac{1}{2}\right) \times 62,63 \times (-0,03)^2 = 23,43\%$$

En la tabla N° 9 se puede ver como los valores reales son respectivamente del -18,06% y del 23,75% para la subida y bajada de los tipos de interés en 300 puntos básicos. El error cometido después de corregirlo con la convexidad es mucho más pequeño para variaciones importantes de los tipos de interés.

## II.16. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CONVEXIDAD

Según Mascareñas (2006):

### II.16.1. La duración

La convexidad está relacionada positivamente con la duración del bono subyacente, es decir, las emisiones con una duración mayor tienen también mayor convexidad. Siendo la convexidad una función creciente de la duración, puesto que la relación entre ambas no es lineal, lo que explica que un bono con el doble de duración que otro, tenga más del doble de convexidad. (p. 27)

### **II.16.2. Los flujos de caja**

La convexidad está relacionada positivamente con el grado de dispersión de los flujos de tesorería de un bono. Es decir, comparando dos bonos de la misma duración, aquel que tenga mayor distribución de los flujos de caja tendrá mayor convexidad. Esto se debe al hecho de que los flujos de caja a largo plazo soportan progresivamente una mayor cantidad de convexidad. (p. 27)

### **II.16.3. La volatilidad de los tipos de interés**

La convexidad está relacionada directamente con la volatilidad del mercado. Una gran volatilidad de los tipos de interés del mercado crea unos mayores efectos de convexidad, puesto que aumenta la probabilidad de una mayor variación en el rendimiento del mercado. (p.27)

### **II.16.4. El sentido de la variación del rendimiento**

La convexidad está más influida por los descensos del rendimiento que por los ascensos del mismo. (p. 27)

## **II.17. LA GESTIÓN PASIVA DE LAS CARTERAS DE RENTA FIJA**

Los métodos que se utilizan actualmente para administrar una cartera de bonos se pueden dividir en dos categorías: pasiva y activa. Los métodos de la categoría pasiva consideran que los precios actuales de los bonos reflejan con precisión toda la información pública disponible y, en consecuencia, están valuados justamente en el mercado, por lo que proporcionan un rendimiento en proporción con el riesgo implicado. La administración pasiva se apoya en la creencia de que los intentos tanto de seleccionar un valor, como de ganarle al mercado, no proporcionarán rendimientos sobre el promedio al inversionista.

Consecuentemente, estos inversores seleccionarán un grupo bien diversificado de títulos que cumplan con las especificaciones de riesgo que ellos desean, lo que les hará mantenerlos en su poder durante un tiempo bastante grande de cara a minimizar sus costes de transacción.

Los métodos de administración activa de carteras de bonos se basan en el supuesto de que el mercado de bonos no es tan eficiente, dando así la oportunidad a algunos inversionistas de ganar rendimientos sobre el promedio. Estos métodos de administración se basan en la creencia de que el administrador de la cartera puede identificar los bonos mal valuados o ganarle al mercado de bonos prediciendo con precisión las tasas de interés.

Entre las estrategias pasivas se encuentran:

La indexación que consiste en replicar el comportamiento de un índice de mercado de bonos que actúa como referencia.

La estrategia de comprar y mantener, que consiste en adquirir los activos y mantenerlos hasta su vencimiento procurando evitar su riesgo de insolvencia e intentando que sus rendimientos hasta el vencimiento sea el mayor posible.

La inmunización, que consiste en crear una cartera de renta fija que tiene asegurado un rendimiento a lo largo de un horizonte temporal definido.

La correspondencia entre flujos de caja, que es una cartera que tiene una estructura diseñada para financiar una serie de pagos a través del rendimiento y del valor de los activos que la componen.

En virtud de que uno de los objetivos específicos de este proyecto de investigación consiste en aplicar una técnica de administración pasiva a la cartera conformada por los bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el período 2018 – 2038, se procederá a explicar las estrategias de inmunización.

### **II.17.1. La indexación**

Esta estrategia pasiva consiste en diseñar una cartera de bonos de tal manera que su comportamiento replique al de un índice formado exclusivamente por activos financieros de renta fija.

Entre las limitaciones que suponen emplear este método de administración de carteras, se encuentran:

El replicar un índice no implica que el gerente satisfaga los requerimientos de rendimiento-riesgo solicitados por el cliente, puesto que la indexación solo reduce la probabilidad de que la cartera obtenga unos resultados peores que los del índice que replica.

La acción de replicar un índice implica restringirse a operar en los sectores del mercado de bonos que en él aparecen.

La dificultad de realizar una réplica exacta del índice.

Estructurar una cartera indexada puede resultar costoso, ya que dependiendo de cuál sea el índice seleccionado, requiere incorporar una gran cantidad de títulos con diferentes calificaciones de riesgo, cupones, etc.

Aunque la correspondencia entre las duraciones de la cartera y del índice se mantengan, pueden surgir diferencias entre su convexidad debido a los diferentes grados de riesgo de amortización anticipada y de las distribuciones de los flujos de tesorería.

Algunos ejemplos de índices de renta fija son: los índices de tipo general que incorporan emisiones de Tesoro, emisiones empresariales de buena calificación, emisiones con garantía hipotecaria (por ejemplo, Lehman Brothers Aggregate Index, Salomon Brothers Investment Grade Bond Index, Merrill Lynch Domestic Market Index, etc.). Por otro lado, están los índices especializados (por ejemplo, Morgan Stanley Actively Traded MBS Index, Donaldson Lufkin & Jenrette High Yield Index, First Boston High Yield Index, AFI3, etc.). Existe un tercer tipo de índice de referencia diseñado para cumplir una serie de objetivos y requerimientos a largo plazo (por ejemplo, fondo de pensiones)

La indexación de bonos intenta hacer corresponder varios tipos de riesgos, como son: la distribución de los vencimientos, la distribución de las duraciones, la distribución de las emisiones del sector, la calidad de las mismas, la distribución de los cupones, el riesgo de amortización anticipada y de crédito del índice subyacente.

Una forma aproximada de construir una cartera indexada consiste en adquirir todos los activos incluidos en el índice de acuerdo a su ponderación en el mismo. Claro que este método produce errores de seguimiento debido a los costes de transacción asociados con la adquisición de los activos, así como con la reinversión de los flujos de caja. Para evitar esto, en lugar de adquirir todos los activos

que componen el índice, el gestor de la cartera podría adquirir una muestra de los mismos con la debilidad de que la cartera ya no sería una réplica exacta del índice.

Hay tres formas de diseñar una cartera indexada:

### II.17.1.1. El enfoque de la muestra estratificada

Este enfoque será explicado a partir de los datos reflejados en la siguiente tabla:

**Tabla 17. Estratificación de los bonos en celdas**

Vencimiento	Tesoro	Hipotecas	Industrial	Financieras	Servicios	Eurobonos
< 1 año	12,10%					
1-3 años	5,40%					
3-5 años		4,10%				
5-7 años						
7-10 años						7,50%
10-15 años						
15-30 años		9,20%			3,40%	
> 30 años						

Fuente: (Mascareñas 2006, p. 8)

La primera parte de este método requiere segmentar el mercado en estratos; así, por ejemplo, en la tabla se ha realizado esta clasificación según el plazo y el emisor. Los bonos que se encuentran en cada celda se consideran homogéneos. A continuación se calculan los porcentajes de los bonos que, estando incluidos en el índice que va a ser replicado, se encuentra en cada celda de la tabla. Por último, el gestor establece una cartera de bonos con una representación para cada celda idéntica al porcentaje que cada una tiene en la totalidad de los bonos.

Así, las características de la cartera en términos de vencimiento, tipo de interés del cupón, calificación, representación industrial, etc., replicarán las características del índice y, por tanto, los resultados de la cartera también serán semejantes a los obtenidos por el índice.

### II.17.1.2. El enfoque de la optimización

A través de este enfoque, además de lograr los resultados descritos en el enfoque estratificado, se persigue satisfacer otras restricciones, entre éstos: maximizar el rendimiento de la cartera, la maximización de la convexidad o la maximización de los rendimientos totales esperados. Además de la adquisición de activos de un único emisor más allá de un determinado porcentaje.

La metodología a aplicar consiste en tres pasos:

- 1° Definir las clases en las que se subdivide el índice elegido. El número de éstas deberá coincidir con el número de activos que se desea mantener en la cartera.
- 2° Seleccionar los activos. Tanto en el momento inicial como en el instante de reequilibrar la cartera se elegirá un activo de cada una de las clases para su inclusión en la cartera indexada.

3° Determinar la porción de cada activo que se va a mantener en la cartera indexada. Esto se realizará mediante un proceso de programación matemática.

### II.17.1.3. El enfoque de minimización de la varianza

Este enfoque requiere el uso de una serie histórica de datos con objeto de estimar el error de seguimiento, lo que se hace a través de la estimación estadística de una función del precio para cada emisión que forme parte del índice. Dicha función del precio se basa en dos series de factores: a) los flujos de caja de la emisión descontados a los tipos de interés de contado; y b) otros factores tales como la duración o las propias características del sector al que pertenece la emisión.

Una vez que se ha obtenido la función del precio para cada emisión, se puede construir una ecuación de la varianza del error de seguimiento. Seguidamente, se procede a minimizar dicha varianza al construir la cartera indexada.

### II.17.1.4. Ventajas y desventajas de los enfoques del método de indexación

**Tabla 18. Ventajas y desventajas de los enfoques del método de indexación**

MÉTODOS DE INDEXACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Estratificación	1) La incorporación del juicio del gestor de la cartera para mejorarla.	1) No genera una cartera óptima cuando hay una gran cantidad de bonos implicados.
	2) Incorpora factores del mundo real como infra/sobrevvaloraciones, iliquidez y problemas crediticios.	2) Requiere una experiencia significativa en inversiones e investigación.
Optimización	1) Método eficiente para encontrar la cartera óptima con el mayor rendimiento.	1) Es vulnerable al manejo de los datos.
	2) Puede ser implementada por analistas con poca experiencia.	2) Puede incorporar activos con alto grado de iliquidez.
Minimización de la varianza	1) Es un método eficiente para minimizar el error de seguimiento de la cartera.	1) La estimación de la función del precio a través de una serie histórica de datos es muy difícil en el propio mercado de las emisiones del Estado y eso sin contar con el mercado de las emisiones empresariales o con el mercado de nuevas emisiones.
	2) Puede ser implementada por analistas con poca experiencia.	2) Descansa sobre las relaciones históricas varianza/covarianza que pueden no mantenerse a lo largo del tiempo.

**Fuente: Elaboración Propia**

### II.17.2. Inmunización

Mascareñas (2006), señala:

“La inmunización es una técnica de gestión pasiva de carteras de renta fija, desarrollada a partir del concepto de duración, que permite a un inversor estar relativamente seguro de poder hacer frente a una determinada corriente de pagos en el futuro. De esta manera, una vez que la cartera ha sido formada, estará protegida de cualquier variación de los tipos de interés que pudiera resultarle perjudicial. Para ello se requiere que la duración de la cartera se corresponda con la duración media de los pagos futuros (p. 12)

Alexander, Sharpe y Bailey (2003), señala:

La introducción del concepto de duración condujo al desarrollo de la técnica de administración de carteras de bonos conocida como inmunización. Supuestamente, esta técnica le permite a un administrador de carteras de bonos tener cierta seguridad de cumplir con una cantidad prometida de flujos negativos de efectivo. Por lo tanto, una vez que se ha formado la cartera, se “inmuniza” contra cualquier efecto adverso asociado con los cambios futuros de las tasas de interés (p.548)

La inmunización se realiza calculando la duración de los flujos negativos de efectivo prometidos e invirtiendo en una cartera de bonos que tenga una duración idéntica.

#### II.17.2.1. El caso de un único pago en el futuro

Se analizará el caso en que un administrador solo tiene que hacer un flujo negativo de efectivo en cinco años, una cantidad igual a \$1.000.000. Asumiendo que el tipo de interés en la actualidad es del 8%, el valor actual de esa cantidad de dinero es de \$680.583.

Así el administrador deberá invertir esa cantidad durante cinco años para poder hacerle frente al pago de \$1.000.000. Para ello, está pensando invertir en dos emisiones de bonos diferentes: a) la primera, bonos del Estado a tres años, al 8% de interés, cuya duración es de 2,78 años y; b) la segunda emisión que implica obligaciones del Estado ya emitidas a las que les quedan 10 años de vida y que pagan un 7% de interés, cuyo precio actual es de \$93,3/título y cuya duración es de 7,42 años (suponiendo para el cálculo de las duraciones que la estructura de los tipos de interés es plana y que es de un 8%)

La duración de una cartera de bonos es igual a la media ponderada de las duraciones de las diversas emisiones que conforman la cartera.

Para calcular la parte de su inversión que deberá invertir en cada una de las alternativas anteriores con objeto de aplicar la inmunización, el administrador de carteras debe resolver un sistema de ecuaciones que implica dos incógnitas:

$$2,78 X_3 + 7,42 X_{10} = 5$$

$$X_3 + X_{10} = 1$$

Donde,  $X_3$  indica la parte de la inversión que deberá realizarse en bonos del Estado a tres años, mientras que  $X_{10}$  muestra la parte a invertir en obligaciones del Estado a diez años. Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene que  $X_3$  es igual a 0,52 y que  $X_{10}$  es igual a 0,48. Así pues, en bonos

del Estado el administrador deberá invertir \$353.903, mientras que en obligaciones del Estado deberá colocar \$326.680

Para evaluar cómo se inmuniza la inversión global de tal manera que el administrador reciba \$1.000.000 al final de los cinco años, se requiere considerar las siguientes variables:

Los cupones recibidos por los bonos se reinvertirán anualmente al tipo de interés que rija en el mercado en cada año.

El principal de los bonos del Estado, que será reembolsado al final del tercer año, también será reinvertido anualmente al tipo de interés que rija en el mercado hasta el final del quinto año.

Se supondrá que el tipo de interés del quinto año se mantiene constante hasta el final del décimo año. Por lo tanto, el precio intrínseco de las obligaciones del Estado en el momento del pago del millón de dólares, se calculará actualizando los flujos de los cinco años que van desde el quinto hasta el décimo a la tasa de interés que rija en el quinto año.

Se supondrá que los tipos de interés que van a regir en el mercado durante los próximos diez años son los siguientes:

**Tabla 19. Tasas de interés aplicadas para el ejemplo de inmunización**

Años	1	2	3	4	5	6	7 a 10
Tipos de Interés	8,00%	7,50%	7,00%	6,75%	6,50%	6,50%	6,50%

Fuente: (Mascareñas 2006, p. 14)

Paso N°1. Analizar la inversión en bonos del Estado:

**Tabla 20. Ejemplo de reinversión a partir de cupones recibidos de bonos del Estado**

Años	1	2	3	4	5
Flujos de caja	28.312	28.312	382.215		
Reinversión Flujo 1	7,50%	30.435			
Total 1		58.747			
Reinversión Flujo 2		7,00%	62.860		
Total 2			445.075		
Reinversión Flujo 3			6,75%	475.118	
Reinversión Flujo 4				6,50%	506.000

Fuente: (Mascareñas 2006, p. 14)

En la Tabla 11 se muestra la reinversión de los cupones y del principal de los \$353.903 hasta el quinto año (el tipo de interés del bono del Estado es del 8%). El resultado es de \$506.000. En caso de que el tipo de interés se mantuviera a lo largo de los cinco años en 8%, el resultado sería de \$520.000. Bajo esta suposición el administrador va perdiendo \$14.000 por efecto de la disminución en las tasas de interés.



Paso N°2. Analizar ahora el caso de las obligaciones del Estado.

Con valor nominal de \$100, el precio de mercado es de \$93,3. Si el administrador debe invertir \$326.680 recibirá 3.501,4 títulos ( $326,680/93,3$ ), cuyo valor nominal total es de \$350.140. Como esta emisión paga un interés del 7%, cada año el administrador recibirá un cupón de \$24.510

**Tabla 21. Ejemplo de reinversión a partir de cupones recibidos de obligaciones del Estado**

Años	1	2	3	4	5
Flujos de caja	24.510	24.510	24.510	24.510	24.510
Reinversión Flujo 1	7,50%	26.348			
Total 1		50.858			
Reinversión Flujo 2		7,00%	54.418		
Total 2			78.928		
Reinversión Flujo 3			6,75%	84.256	
Total 3				108.766	
Reinversión Flujo 4				6,50%	115.836
Total 4					<b>140.346</b>

Fuente: (Mascareñas 2006, p. 15)

Repitiendo el cálculo de la Tabla 11, al final del quinto año el administrador recibirá en concepto de intereses un valor igual a \$140.346. si los tipos de interés se hubieran mantenido en el 8% anual, el administrador hubiera recibido al final del quinto año en concepto de intereses \$143.790. Por lo tanto ha perdido algo más de tres mil dólares, que sumados a los catorce mil anteriores, totalizan una pérdida de más de \$17.000.

En conclusión, la caída de las tasas de interés perjudica y pone en riesgo la reinversión de los cupones.

Paso N°3. Evaluar el precio de mercado de las obligaciones del Estado.

Como se indicó antes, el tipo de interés se mantendrá constante al 6,5% hasta el vencimiento de la misma, esto da un precio de mercado en el año quinto de \$357.416 (al final de la vida de la obligación el administrador recibirá además de los intereses el reembolso del principal cuyo valor nominal es de \$350.140)

$$\frac{24.510}{1,065} + \frac{24.510}{1,065^2} + \frac{24.510}{1,065^3} + \frac{24.510}{1,065^4} + \frac{24.510}{1,065^5} = 357.416$$

En caso de que el tipo de interés hubiera sido del 8% el valor de las obligaciones sería de \$336.161; es decir, \$21.255 menos que lo que valen ahora. Esto significa que gracias al descenso en las tasas de interés ha aumentado el valor de la obligación, cuya vida excede de los cinco años, permitiéndole al administrador obtener una ganancia que sirve para compensar las pérdidas ocurridas con la reinversión de los cupones. Al quinto año el administrador tendrá pues \$3.762 más de lo que requiere para realizar su pago:

$$\$506.000 + \$140.346 + \$357.416 = \$1.003.762$$

Ahora bien, analizando que hubiera ocurrido bajo supuestos cambios en la tasa de interés, se tiene lo siguiente:

**Tabla 22. Efecto de cambios en la tasa de interés aplicado al ejemplo de reinversión**

Tipo de interés	Bono del Tesoro (3 a)	Obligaciones (10 a)	Precio de la Obligación	Total 5to año	Beneficio
5%	488.580	135.433	380.459	<b>1.004.472</b>	4.472
6%	498.920	138.165	364.890	<b>1.001.975</b>	1.975
7%	509.392	140.951	350.141	<b>1.000.484</b>	484
8%	520.000	143.790	336.161	<b>999.951</b>	-49
9%	530.739	146.685	322.902	<b>1.000.326</b>	326
10%	541.615	149.636	310.322	<b>1.001.573</b>	1.573

**Fuente: (Mascareñas 2006, p. 16)**

Como se aprecia en la Tabla 13, ante cambios en la tasa de interés se consigue una cantidad algo superior al millón de dólares que necesita en este caso el administrador, y cuanto más se aleje el tipo de interés del 12%, mayor será el beneficio.

Mascareñas (2006) señala:

Al tiempo formado por los cinco períodos anuales se le denomina ventana de la duración, que implica que cualquiera que sea el cambio en el rendimiento, tras cinco períodos anuales, el valor acumulado del fondo de inversión no caerá por debajo del umbral del millón de euros. Así, pues, el tiempo que se precisa para que la acumulación de la inversión a lo largo del mismo contrarreste cualquiera ganancia, o pérdida, de capital debida a un cambio en los rendimientos es exactamente igual a la duración inicial de la cartera (p. 16)

En conclusión,

Cuando la duración de la cartera es igual a la fecha del horizonte temporal del inversor, el valor acumulado de los fondos invertidos en dicha fecha no se verá afectado por las variaciones del tipo de interés.

Para un horizonte igual a la duración de la cartera, el riesgo de interés y el riesgo de reinversión se cancelarán exactamente.

Cuando los tipos de interés tienden a la baja, las pérdidas producidas por la reinversión de los cupones intermedios se contrarrestan con el aumento del valor de mercado de los títulos cuyo vencimiento excede del horizonte de planificación. Es decir, se produce una confrontación de dos fuerzas contrapuestas el riesgo de interés y el riesgo de reinversión que es lo que posibilita la inmunización.

El pequeño beneficio que se produce a partir de la implementación de la estrategia de inmunización es un síntoma de que la cartera no está perfectamente inmunizada, lo cual se debe principalmente: a) el transcurso del tiempo hace variar las duraciones de los títulos que componen la cartera más lentamente que el vencimiento del pago a realizar; b) la alteración de los tipos de interés hace variar

la duración de los títulos que componen la cartera, especialmente si la variación es superior a 50 puntos básicos con respecto al tipo inicial. El efecto combinado de ambas causas implica la necesidad de recalcular las duraciones y las cantidades a invertir en cada una de las diversas emisiones.

### II.17.2.2. Rendimiento y duración de una cartera de bonos

A partir de un ejemplo, se supone una cartera conformada por los siguientes títulos de renta fija: a) bono del Estado a tres años, 12% de interés anual, cupón anual, precio de mercado \$100, rendimiento interno de 12%, duración de 2,69 años; b) bono del Estado a cinco años, 12,5% de interés anual, cupón cero, precio de mercado \$100, rendimiento interno de 12,5% y duración de 5 años.

La cartera estará conformada por un 50% de bonos a tres años y un 50% de bonos a cinco años.

Calculando la media ponderada de los rendimientos de la cartera, se obtiene un valor de 12,25%

La siguiente tabla refleja el valor de todos los flujos de caja que dicha cartera va a proporcionar:

**Tabla 23. Flujos de caja generados por la cartera de bonos del Estado**

Títulos de la cartera	Años					
	0	1	2	3	4	5
Bonos a 3 años	-100,00	12,00	12,00	112,00	-	-
Bonos a 5 años	-100,00	-	-	-	-	180,20
<b>Cartera</b>	<b>-200,00</b>	<b>12,00</b>	<b>12,00</b>	<b>112,00</b>	<b>0,00</b>	<b>180,20</b>

Fuente: (Mascareñas 2006, p. 20)

A continuación se obtiene la tasa de rendimiento que iguala el valor actual de los flujos de caja de la cartera con el precio de compra de todos los títulos que la componen:

$$200 = \frac{12}{(1+r)} + \frac{12}{(1+r)^2} + \frac{112}{(1+r)^3} + \frac{0}{(1+r)^4} + \frac{180,2}{(1+r)^5}$$

El rendimiento de la cartera resulta de 12,325%, algo mayor que el calculado a través de la media ponderada de los rendimientos de los títulos.

Lo mismo le ocurre a la duración de la cartera, la cual debería calcularse en función de los flujos de caja de la propia cartera y aplicando la expresión matemática de la duración:

$$D = \frac{1}{P_0} \sum_{t=1}^n \frac{tQ_t}{(1+r)^t}$$

Tabla 24. Duración de la cartera de bonos del Estado

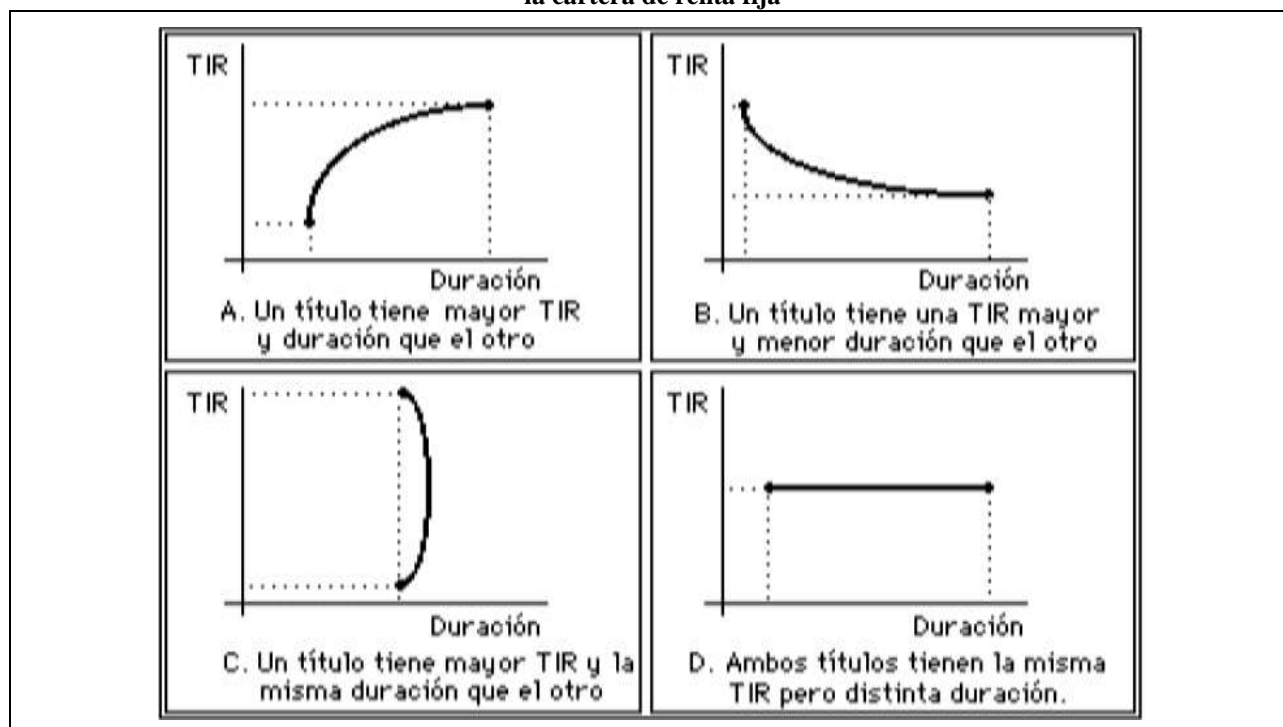
PERÍODOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DESCU ( $r = 12,325\%$ )	VALOR PRESENTE	término $\Sigma$ ecuación Duración	PESOS
1	12	0,89027	10,68	10,68	5,34%
2	12	0,79259	9,51	19,02	4,76%
3	112	0,70562	79,03	237,09	39,51%
4	0	0,62819	0,00	0,00	0,00%
5	180,2	0,55927	100,78	503,90	50,39%
		$P_0$	200,00	770,69	100,00%

Fuente: Elaboración Propia

El valor de la duración que se obtiene es de 3,853 al dividir  $(770,69/200)$ , algo superior a la media ponderada de la duración de cada título (3,845)

Como se observa en la siguiente figura, la relación entre el rendimiento y la duración de una cartera formada por dos títulos de renta fija, en la que uno de ellos tiene la duración y la TIR más pequeñas que el otro, tiene una forma cóncava. Por el contrario, si uno de los dos títulos tuviese la duración más corta y la TIR más grande, la forma sería convexa. Pero si ambos títulos tuviesen la misma duración pero distinto rendimiento, la duración de la cartera sería superior a la de ambos por individual. Solamente cuando los activos tienen el mismo rendimiento, la duración y la TIR de la cartera puede ser realmente obtenida a través de la media ponderada de la de los títulos.

Figura 25. Diferentes combinaciones TIR-duración según sean las características de los títulos que componen la cartera de renta fija



Fuente: (Mascareñas 2006, p. 21)

### II.17.2.3. La inmunización de varios pagos en el futuro

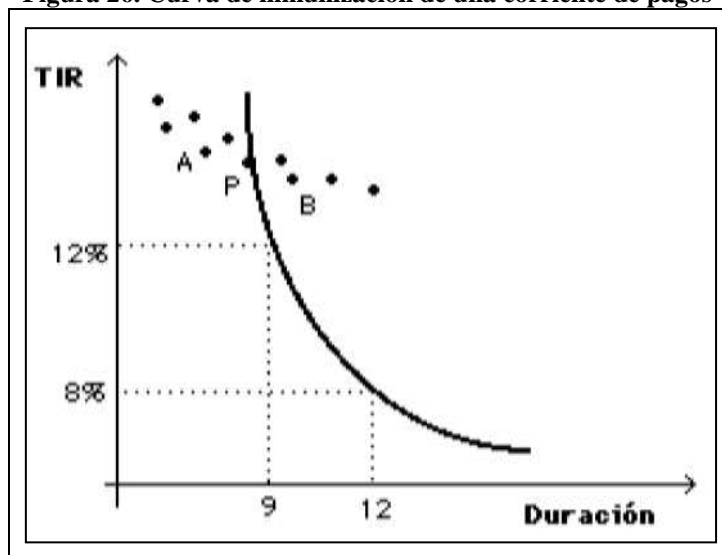
Según Mascareñas 2006, “una cartera está inmunizada con respecto a una corriente de pagos dada si hay bastantes fondos para hacerles frente en el momento oportuno a pesar de que la estructura de los tipos de interés oscile paralelamente”.

Bajo este enfoque no basta con igualar las duraciones de la cartera y de la corriente de pagos para inmunizarla, sino que es necesario descomponer la corriente de cobros de la cartera de tal manera que cada pago sea inmunizado separadamente.

Las condiciones necesarias que deben cumplirse en el caso de variaciones en la tasa de interés son: a) la duración de la cartera debe ser igual a la duración de la corriente de pagos y, b) la distribución de las duraciones de los componentes individuales de la cartera deben tener un rango más amplio que la distribución de los pagos.

Una corriente de pagos tiene su propia curva de inmunización asociada para diversos valores del tipo de interés:

**Figura 26. Curva de inmunización de una corriente de pagos**



**Fuente: (Mascareñas 2006, p.22)**

Para inmunizar una cartera de renta fija es necesario situarse en la propia curva de inmunización. Por ejemplo, si se invierte en un bono con el 12% de interés y una duración de 9 años o, en un bono de 12 años de duración que obtiene un rendimiento interno del 8%. El objetivo consiste en ubicarse lo más arriba posible de la curva.

Como ejemplo, se supondrá un préstamo de un millón de dólares al 12% de interés anual, pagadero por años vencidos, que vende dentro de cinco años y que se amortiza según el sistema de anualidades constantes (sistema francés)

En el sistema francés, la cuota periódica se calcula como una renta constante vencida. De esa cuota se descuentan los intereses causados por la deuda en ese periodo y el resto, es lo que se amortiza de capital.

$$D = R \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Donde,

$D$  = cantidad tomada en préstamo

$R$  = cuota periódica

$i$  = tasa de interés del periodo

$$1.000.000 = R \left[ \frac{(1+0,12)^5 - 1}{0,12(1+0,12)^5} \right]$$

$$1.000.000 = R [0,76234]$$

$$R = 277.410$$

Tabla 25. Cuadro de amortización progresiva o sistema francés

PERIODO	DEUDA AL INICIO DEL PERIODO	CUOTA PERIODICA	INTETRESES	CUOTA DE AMORTIZACION	DEUDA AL FINAL DEL PERIODO
1	1.000.000,00	277.409,73	120.000,00	157.409,73	842.590,27
2	842.590,27	277.409,73	101.110,83	176.298,90	666.291,37
3	666.291,37	277.409,73	79.954,96	197.454,77	468.836,60
4	468.836,60	277.409,73	56.260,39	221.149,34	247.687,26
5	247.687,26	277.409,73	29.722,47	247.687,26	0,00

Fuente: Elaboración Propia

Calculando su duración:

Tabla 26. Cálculo de duración para el ejemplo de sistema de amortización francés

PERIODOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO ( $r = 12\%$ )	VALOR PRESENTE	término I ecuación Duración	PESOS
1	277.409,73	0,89286	247.687,26	247.687,26	24,77%
2	277.409,73	0,79719	221.149,34	442.298,68	22,11%
3	277.409,73	0,71178	197.454,77	592.364,30	19,75%
4	277.409,73	0,63552	176.298,90	705.195,60	17,63%
5	277.409,73	0,56743	157.409,73	787.048,66	15,74%
		$P_0$	1.000.000,00	2.774.594,50	100,00%

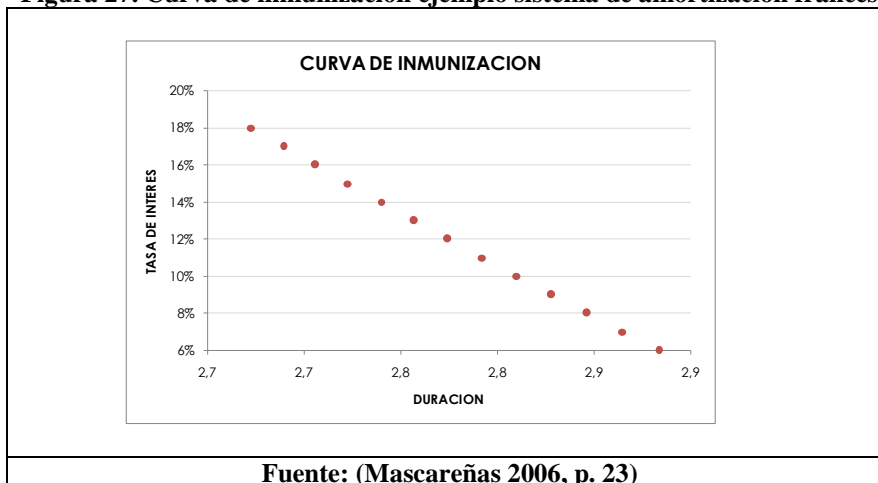
Fuente: Elaboración Propia

$$D = \frac{1}{P_0} x \sum_{n=1}^m \frac{n x Q_n}{(1+r)^n}$$

$$D = \frac{2.774.594,50}{1.000.000,00} = 2,775 \text{ años}$$

Variando el tipo de interés, se obtendrá la curva de inmunización:

**Figura 27. Curva de inmunización ejemplo sistema de amortización francés**



Para inmunizar los pagos del préstamo, se utilizarán dos emisiones con las siguientes características:

Bonos del Estado con dos años de vida, valor nominal de 100\$ con un cupón anual del 10% y con precio de mercado de 98,29\$/título, lo que proporciona un rendimiento del 11%. Su duración es de 1,91 años.

Obligaciones del Estado con una vida de 10 años, al 10,5% de interés anual, valor nominal de 100\$, con un precio de mercado de 93,41\$, que corresponde a un rendimiento del 11,65%. Su duración es de 6,526 años.

**Tabla 27. Datos para obtener la curva rendimiento-duración de la cartera**

% Pnd.	81,81%	18,99%	100,00%
Año	a)	b)	Cartera
0	-98,29	-93,41	-97,363
1	10,00	10,50	10,095
2	110,00	10,50	91,105
3		10,50	1,994
4		10,50	1,994
5		10,50	1,994
6		10,50	1,994
7		10,50	1,994
8		10,50	1,994
9		10,50	1,994
10		110,50	20,984
<b>IR</b>			<b>11,28%</b>

PERÍODOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DESCU	VALOR PRESENTE	Término X ecuación Duración
1	10,09	0,89862	9,07	9,07
2	91,10	0,80751	73,57	147,14
3	1,99	0,72564	1,45	4,34
4	1,99	0,65207	1,30	5,20
5	1,99	0,58596	1,17	5,84
6	1,99	0,52656	1,05	6,30
7	1,99	0,47317	0,94	6,60
8	1,99	0,42520	0,85	6,78
9	1,99	0,38209	0,76	6,86
10	20,98	0,34335	7,20	72,05
		$P_0$	97,34	270,18
		Duración	2,775	

Fuente: (Mascareñas 2006, p. 24)

El proceso acaba cuando se encuentre una combinación que suministre la misma duración que el préstamo a inmunizar. Esto equivale a superponer la curva de inmunización con la curva de rendimientos duración de la cartera y ver cuál es el punto de corte.

Para inmunizar el pago del millón de dólares habrá que invertir el 81,01% en los bonos del Estado a dos años y el resto, el 18,99% en las obligaciones a 10 años.

### II.17.3. Inmunización contingente

Estrategia pasiva combinada con la de tipo activo en la que el inversor establece un rendimiento mínimo aceptable sobre el periodo de planificación. Esto es, el inversor tiene un cierto margen para realizar apuestas sobre la evolución futura de los tipos de interés, pero si las circunstancias fueran adversas el gestor estaría obligado a inmunizar completamente la cartera con objeto de conseguir el rendimiento mínimo esperado.

Se presenta como ejemplo que el tipo de interés es del 10% y que la cartera de renta fija tiene un valor del 1000\$, por tanto el gestor puede asegurar un valor futuro dentro de dos años de 1210\$. El gestor está de acuerdo en asegurar únicamente 1100\$, siendo el rendimiento mínimo aceptable de un 4,88%, con la condición de seguir una política de gestión activa de la cartera, lo que equivaldría invertir hoy el valor actualizado de dicha cantidad 909\$ calculados al tipo de interés del 10%.

La diferencia entre el 10% y el 4,88% indica la amplitud del margen de movimientos del gestor para realizar la gestión activa de la cartera.

En la siguiente tabla figuran los resultados de dos posibles escenarios bajo la suposición que el gestor invierta 1000\$ en obligaciones del Estado a 10 años que reparten un 10% de interés anual. Bajo el primer escenario, transcurrido un año el tipo de interés ha caído hasta el 8%, El segundo escenario consiste en suponer que el tipo de interés ha ascendido al final del primer año al 12,275%.



**Tabla 28. Estrategia de inmunización contingente**

	INICIAL 10%	1er ESCENARIO 8%	2do ESCENARIO 12,275%
Valor final	1100	1100	1100
Valor actual de la cartera	1000	1225	980
Valor actual del objetivo mínimo	909	1019	980
Colchón de seguridad	91	206	0
Estrategia	Activa	Activa	Inmunizar

**Fuente: (Mascareñas 2006, p. 28)**

En el segundo escenario se ha alcanzado la red de seguridad y ya no queda ningún margen de maniobra para realizar la gestión activa procediendo a inmunizar la cartera.

El proceso de inmunización contingente proporciona los mejores resultados siempre que el inversor tenga una capacidad predictiva superior a la del mercado. La clave para planificar una inmunización contingente consiste en controlar el comportamiento de la cartera a lo largo del tiempo de tal manera que el gestor esté siempre informado sobre su sensibilidad.

#### **II.17.4. Correspondencia entre flujos de tesorería**

Según Mascareñas (2006),

Esta estrategia, también denominada dedicación, parte de la construcción y mantenimiento de una cartera de bonos de bajo coste que tenga una estructura de flujos de tesorería que prácticamente se corresponda con la estructura de los flujos de caja de una corriente futura de pagos. (p. 29)

Una correspondencia entre los flujos de tesorería implica la correspondencia entre duraciones y convexidades, por lo que el bono con cupón cero juega un papel importante.

Para realizar un programa de correspondencia entre flujos que proporcione la cartera de renta fija de mínimo costo, se deben tener en cuenta los siguientes elementos:

$D(t)$  muestra los pagos en el momento  $t$

$C(i,t)$  muestra los cobros que tienen lugar en el momento  $t$  provenientes del bono  $i$

$P(i)$  es el precio del bono  $i$

$N(i)$  es el número de bonos  $i$  adquiridos.

Siendo la función objetivo el costo de la cartera de bonos que se quiere minimizar, el cual viene dado por el producto del número de bonos multiplicado por su precio de mercado:

Función Objetivo:  $\text{Min } \sum N(i) \times P(i)$

Así, la totalidad de los flujos de tesorería provenientes de la cartera de bonos en el momento  $t$ , vendrá dado por el producto de los mismos y del número de bonos. Esta cantidad deberá ser superior a la de los pagos en dicho momento:

$$\sum N(i) \times C(i, t) \geq D(t)$$

La restricción final vendrá dada por la imposibilidad que tiene el inversor de emitir bonos. Es decir, los bonos no deberán ser vendidos para hacer frente a los pagos futuros:

$$N(i) \geq 0$$

De esta manera el único riesgo es el de insolvencia, puesto que los cambios del tipo de interés no afectarán a la correspondencia entre cobros y pagos. Por lo tanto, una variación de la estructura temporal de los tipos de interés no hará necesaria una alteración de la composición de la cartera de renta fija.

## **CAPITULO III**

## MARCO METODOLÓGICO

### III.1. Tipo de investigación

De acuerdo al problema planteado referido a valorar la pertinencia de medir la duración y convexidad de una cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018-2038, y en función de sus objetivos, se incorpora el tipo de investigación descriptivo.

Fidias G. Arias (2006) señala:

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere (p. 24)

“Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables y aun cuando no se formulan hipótesis, tales variables aparecen enunciadas en los objetivos de investigación” (Arias, 2006, p. 25)

En atención a esta modalidad de investigación, se realizará la medición de la duración y convexidad sobre los activos que componen una cartera de bonos venezolanos tomando en consideración las variables planteadas en los modelos matemáticos analizados en el marco teórico, con la finalidad de generar recomendaciones para la administración de portafolios que cuenten con características semejantes. Esto permitirá a los interesados en títulos de inversión seleccionar opciones en el mercado que se adapten al nivel de riesgo que estén dispuestos a manejar.

### III.2. Diseño de investigación

“Un diseño de investigación se define como el plan global de investigación que integra de un modo coherente y adecuadamente correctas técnicas de recogida de datos a utilizar, análisis previstos y objetivos” (Balestrini, 2006, p. 131)

Entendiendo por diseño de investigación la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado, la presente investigación atiende al diseño de fuentes mixtas, el cual comprende el diseño de campo al referirse a un área de estudio delimitada a partir de cuya definición se obtienen los datos para su correspondiente análisis. Y, a su vez, también comprende el diseño documental que consiste en la recolección, procesamiento y análisis de datos a partir de trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos u otro tipo de documentos, los cuales permiten dar respuesta a cada uno de los objetivos planteados.

El diseño de investigación en función de su dimensión temporal es del tipo transeccional, donde no se ha planteado hipótesis, pero sí se atiende a la descripción y el análisis de un conjunto de variables, considerando su interrelación. La recolección de los datos se realizará en un tiempo único, determinando las características que tienen los bonos en estudio para ese momento y aplicando a partir de estas variables las teorías investigadas.

### **III.3. POBLACIÓN O UNIVERSO DE ESTUDIO**

“Una población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales pretendemos indagar y conocer sus características, o una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación” (Balestrini, 2006, p. 137)

En la presente investigación la población objeto de observación o estudio, se refiere a los Bonos Soberanos de Venezuela con vencimiento en el período 2018-2038, respaldados por la República Bolivariana de Venezuela. Siendo éstos bonos de deuda pública, el pago al momento de su vencimiento se realiza con los fondos que se encuentran en las reservas internacionales del país emisor.

La población en estudio está conformada en total por 14 bonos con diferentes características: vencimiento, tasa de cupón, valor nominal, rendimiento, precio, etc., las cuales determinarán su comportamiento frente a las mediciones que serán realizadas a lo largo del proyecto de investigación.

### **III.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

En función de los objetivos definidos en el presente estudio, donde se plantea el Análisis de Duración y Convexidad de una Cartera de Bonos Soberanos de Venezuela con vencimiento en el período 2018-2038, se empleará la revisión documental.

La revisión documental como punto de partida en el análisis de las fuentes documentales, dará inicio a la búsqueda y observación de datos presentes en los materiales escritos consultados que son de interés para la investigación. Algunas de las técnicas empleadas para el manejo de las fuentes documentales, son: bibliográficas, de citas y notas de referencias bibliográficas, construcción y presentación de índices, presentación de cuadros, gráficos e ilustraciones.

### **III.5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Para que los datos recolectados logren algún significado dentro de la presente investigación, se hace necesario introducir un conjunto de operaciones en la fase de análisis e interpretación de resultados, con el propósito de organizarlos e intentar dar respuesta a los objetivos planteados en el estudio, evidenciar los hallazgos encontrados y conectarlos con las bases teóricas.

## **CAPITULO IV**

## APLICACIÓN DE CONCEPTOS DE DURACIÓN Y CONVEXIDAD

### IV.1. RESUMEN DE BONOS SOBERANOS DE VENEZUELA CON VENCIMIENTO EN EL PERÍODO 2018 – 2038

La aplicación de las medidas de duración y convexidad se realizará sobre los bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018 – 2018. A continuación se presenta un resumen con sus características. Para consultar mayor detalle sobre cada uno de ellos, véase el Apéndice A.

**Tabla 29. Resumen de Bonos Globales con vencimiento 2018 – 2038, fecha de corte 26 de Febrero del 2016**

Tabla4 Deuda Soberana de Venezuela USD													
Bono	Cupón	Vence	Monto (miles \$)	Fecha próximo cupón	Rend. al Venc.	Precio				Var. Abs. Precio			En año
						Actual 2/26/2016	7 días 2/19/2016	30 días 1/26/2016	Cierre 12/31/2015	5 días	30 días		
Venz Global 2018	13.625	8/15/2018	752,811	8/15/2016	43.68	57.25	54.00	50.25	62.44	+3.25	+7.00	-5.2	
Venz Global 2018	7.000	12/1/2018	1,000,000	6/1/2016	48.30	40.45	37.63	36.16	45.92	+2.83	+4.29	-5.5	
Venz Global 2019	7.750	10/13/2019	2,495,963	4/13/2016	43.50	37.56	34.54	32.89	41.05	+3.02	+4.68	-3.5	
Venz Global 2020	6.000	12/9/2020	1,500,057	6/9/2016	33.58	36.50	33.50	32.00	38.23	+3.00	+4.50	-1.7	
Venz Global 2022	12.750	8/23/2022	3,000,000	8/23/2016	35.21	44.00	40.50	36.64	46.17	+3.50	+7.36	-2.2	
Venz Global 2023	9.000	5/7/2023	2,000,000	5/7/2016	31.31	37.50	35.04	32.43	40.20	+2.46	+5.07	-2.7	
Venz Global 2024	8.250	10/13/2024	2,495,963	4/13/2016	27.85	37.03	34.22	32.35	38.95	+2.82	+4.68	-1.9	
Venz Global 2025	7.650	4/21/2025	1,599,817	4/21/2016	26.45	36.22	34.00	31.97	38.25	+2.22	+4.25	-2.0	
Venz Global 2026	11.750	10/21/2026	3,000,000	4/21/2016	30.73	41.11	38.31	35.65	45.58	+2.80	+5.47	-4.5	
Venz Global 2027	9.250	9/15/2027	4,000,000	3/15/2016	25.05	41.05	38.40	34.98	42.10	+2.65	+6.07	-1.1	
Venz Global 2028	9.250	5/7/2028	2,000,000	5/7/2016	26.66	37.73	34.88	33.00	40.19	+2.85	+4.73	-2.5	
Venz Global 2031	11.950	8/5/2031	4,200,000	8/5/2016	29.54	41.25	38.57	35.35	45.50	+2.68	+5.90	-4.3	
Venz Global 2034	9.375	1/13/2034	1,500,000	7/13/2016	25.19	38.07	35.26	33.13	40.67	+2.82	+4.95	-2.6	
Venz Global 2038	7.000	3/31/2038	1,250,003	3/31/2016	20.11	35.73	33.50	31.75	37.44	+2.23	+3.98	-1.7	

Fuente: [www.mercantilbanco.com](http://www.mercantilbanco.com) [2016, 26 de febrero]

### IV.2. CÁLCULO DE DURACIÓN Y CONVEXIDAD DE BONOS SOBERANOS DE VENEZUELA CON VENCIMIENTO EN EL PERÍODO 2018 – 2038

#### IV.2.1. Consideraciones generales

Para determinar la duración y convexidad de cada uno de los bonos en estudio se construirá una cartera que los incluya a todos, y a partir de un préstamo base de \$100.000 se procederá a determinar el valor nominal de cada título utilizando para ello el porcentaje de participación en la cartera de acuerdo al monto de liquidación establecido por el emisor.

Los datos utilizados corresponden a la fecha de corte 26 de febrero del 2016 y la fuente consultada es [www.mercantilbanco.com](http://www.mercantilbanco.com).

**Tabla 30. Cálculo de participación en la cartera y del valor nominal**

BONO	MONTO (\$)	PRESTAMO (\$)		100.000	
		CALCULO % CARTERA	% CARTERA	VALOR NOMINAL	NOMINAL (\$)
GLOBAL 2018	752.811	752.811/30.794.614=2,44%	2,44%	2,44%*100.000=2.445	2.445
GLOBAL 2018	1.000.000	1.000.000/30.794.614=3,25%	3,25%	3,25%*100.000=3.247	3.247
GLOBAL 2019	2.495.963	2.495.963/30.794.614=8,11%	8,11%	8,11%*100.000=8.105	8.105
GLOBAL 2020	1.500.057	1.500.057/30.794.614=4,87%	4,87%	4,87%*100.000=4.871	4.871
GLOBAL 2022	3.000.000	3.000.000/30.794.614=9,74%	9,74%	9,74%*100.000=9.742	9.742
GLOBAL 2023	2.000.000	2.000.000/30.794.614=6,49%	6,49%	6,49%*100.000=6.495	6.495
GLOBAL 2024	2.495.963	2.495.963/30.794.614=8,11%	8,11%	8,11%*100.000=8.105	8.105
GLOBAL 2025	1.599.817	1.599.817/30.794.614=5,20%	5,20%	5,20%*100.000=5.195	5.195
GLOBAL 2026	3.000.000	3.000.000/30.794.614=9,74%	9,74%	9,74%*100.000=9.742	9.742
GLOBAL 2027	4.000.000	4.000.000/30.794.614=12,99%	12,99%	12,99%*100.000=12.989	12.989
GLOBAL 2028	2.000.000	2.000.000/30.794.614=6,49%	6,49%	6,49%*100.000=6.495	6.495
GLOBAL 2031	4.200.000	4.200.000/30.794.614=13,64%	13,64%	13,64%*100.000=13.639	13.639
GLOBAL 2034	1.500.000	1.500.000/30.794.614=4,87%	4,87%	4,87%*100.000=4.871	4.871
GLOBAL 2038	1.250.003	1.250.003/30.794.614=4,06%	4,06%	4,06%*100.000=4.059	4.059
<b>30.794.614</b>		<b>30.794.614/30.794.614=100%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100%*100.000=100.000</b>	<b>100.000</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

El valor del cupón en cada caso se obtendrá a partir de la multiplicación del valor nominal por la tasa de cupón, esta última expresada de forma semestral por cada título. El monto del cupón se convertirá en los flujos de caja semestrales.

Para contabilizar la cantidad de periodos hasta el vencimiento del bono, se tomará en consideración la fecha del próximo cupón.

A partir de las bases conceptuales expresadas en el Capítulo II del presente proyecto de investigación, se procederá a calcular la duración de cada uno de los bonos en estudio construyendo una tabla en la que aparecerán los flujos de caja, el factor de descuento, el valor actual de cada flujo, el resultado de multiplicar éste último por el periodo en el que se encuentra y finalmente el valor de la duración al dividir la suma de la columna representativa del valor actual ponderado entre el precio teórico del bono.

El factor de descuento a emplear en cada flujo de efectivo será el porcentaje de rendimiento hasta el vencimiento, para lo cual se realizará la transformación pasando de tasa efectiva anual a semestral empleando la siguiente ecuación:

$$(1 + \text{tasa anual}) = (1 + \text{tasa semestral})^2$$

$$\text{tasa semestral} = \sqrt{(1 + \text{tasa anual})} - 1$$



A continuación se presenta el resumen de las ecuaciones a utilizar para calcular la duración y convexidad de cada bono en estudio:

Duración

$$D = \frac{1}{P_0} \times \sum_{n=1}^m \frac{n \times Q_n}{(1+r)^n}$$

Duración Modificada

$$D^* = \frac{D}{1+r}$$

Convexidad

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} = \frac{1}{(1+r)^2} \sum_{n=1}^m \frac{n(n+1)Q_n}{(1+r)^n}$$

#### IV.2.2. Global 2018 (cupón 13,625%)

**Tabla 31. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2018 (cupón 13,625%)**

VALOR NOMINAL (\$)		2.445	
VENCIMIENTO		15/08/2018	
periodo por vencer (semestres)		5	
		efectiva anual	efectiva semestral
CUPON			13,63%
RENDIMIENTO al 26/02/2016		43,68%	19,87%
CUPON (valor nominal * cupón)			333

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE	término Σ ecuación Duración	término Σ ecuación Convexidad
1	15/08/2016	333	0,83426	278	278	556
2	15/02/2017	333	0,69599	232	464	1.391
3	15/08/2017	333	0,58064	193	580	2.321
4	15/02/2018	333	0,48440	161	645	3.227
5	15/08/2018	2.778	0,40412	1.123	5.613	33.676
<b>Sumatoria:</b>				<b>1.987</b>	<b>7.580</b>	<b>41.170</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
3,81	3,18	28.653,93	14,42

Fuente: Elaboración Propia

### IV.2.3. Global 2018 (cupón 7%)

**Tabla 32. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2018 (cupón 7%)**

VALOR NOMINAL (\$)	3.247	
VENCIMIENTO	01/12/2018	
periodo por vencer (semestres)	6	
	<b>efectiva anual</b>	<b>efectiva semestral</b>
CUPON		7,00%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	48,30%	21,78%
CUPON (valor nominal * cupón)		227

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE	término Σ ecuación Duración	término Σ ecuación Convexidad
1	01/06/2016	227	0,82116	187	187	373
2	01/12/2016	227	0,67431	153	307	920
3	01/06/2017	227	0,55372	126	378	1.510
4	01/12/2017	227	0,45469	103	413	2.067
5	01/06/2018	227	0,37338	85	424	2.546
6	01/12/2018	3.475	0,30660	1.065	6.392	44.744
<b>Sumatoria:</b>				<b>1.719</b>	<b>8.101</b>	<b>52.161</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
4,71	3,87	35.172,45	20,46

Fuente: Elaboración Propia

#### IV.2.4. Global 2019

**Tabla 33. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2019**

VALOR NOMINAL (\$)	8.105	
VENCIMIENTO	13/10/2019	
periodo por vencer ( <b>semestres</b> )	8	
	<b>efectiva anual</b>	<b>efectiva semestral</b>
CUPON		7,75%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	43,50%	19,79%
CUPON (valor nominal * cupón)		628

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE	término Σ ecuación Duración	término Σ ecuación Convexidad
1	13/04/2016	628	0,83478	524	524	1.049
2	13/10/2016	628	0,69686	438	875	2.626
3	13/04/2017	628	0,58173	365	1.096	4.385
4	13/10/2017	628	0,48562	305	1.220	6.101
5	13/04/2018	628	0,40539	255	1.273	7.639
6	13/10/2018	628	0,33841	213	1.275	8.928
7	13/04/2019	628	0,28250	177	1.242	9.937
8	13/10/2019	8.733	0,23583	2.060	16.476	148.288
<b>Sumatoria:</b>				<b>4.337</b>	<b>23.984</b>	<b>188.954</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
5,53	4,62	131.675,03	30,36

Fuente: Elaboración Propia

#### IV.2.5. Global 2020

Tabla 34. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2020

VALOR NOMINAL (\$)	4.871	
VENCIMIENTO	09/12/2020	
periodo por vencer ( <b>semestres</b> )	10	
	<b>efectiva anual</b>	<b>efectiva semestral</b>
CUPON		6,00%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	33,58%	15,58%
CUPON (valor nominal * cupón)		292

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE	término Σ ecuación Duración	término Σ ecuación Convexidad
1	09/06/2016	292	0,86323	253	253	506
2	09/12/2016	292	0,74862	219	438	1.313
3	09/06/2017	292	0,64772	189	568	2.272
4	09/12/2017	292	0,56042	164	655	3.276
5	09/06/2018	292	0,48489	142	709	4.252
6	09/12/2018	292	0,41954	123	736	5.150
7	09/06/2019	292	0,36300	106	743	5.941
8	09/12/2019	292	0,31408	92	734	6.609
9	09/06/2020	292	0,27175	79	715	7.148
10	09/12/2020	5.163	0,23512	1.214	12.140	133.544
<b>Sumatoria:</b>				<b>2.588</b>	<b>17.698</b>	<b>178.818</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
6,86	5,93	127.272,30	49,32

Fuente: Elaboración Propia

## IV.2.6. Global 2022

Tabla 35. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2022

VALOR NOMINAL (\$)	9.742	3.247
VENCIMIENTO	23/08/2022	
periodo por vencer (semestres)	13	
	efectiva anual	efectiva semestral
CUPON		12,76%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	35,21%	16,28%
CUPON (valor nominal * cupón)		1.243

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE	término Σ ecuación Duración	término Σ ecuación Convexidad
1	23/08/2016	1.243	0,85999	1.069	1.069	2.138
2	23/02/2017	1.243	0,73959	919	1.839	5.516
3	23/08/2017	1.243	0,63604	791	2.372	9.487
4	23/02/2018	1.243	0,54699	680	2.720	13.598
5	23/08/2018	1.243	0,47041	585	2.924	17.541
6	23/02/2019	1.243	0,40455	503	3.017	21.120
7	23/08/2019	1.243	0,34791	432	3.027	24.217
8	23/02/2020	1.243	0,29920	372	2.975	26.777
9	23/08/2020	4.498	0,25731	1.155	10.399	103.987
10	23/02/2021	1.243	0,22129	275	2.751	30.256
11	23/08/2021	4.498	0,19031	855	9.400	112.798
12	23/02/2022	1.243	0,16366	203	2.441	31.735
13	23/08/2022	4.498	0,14075	632	8.216	115.024
<b>Sumatoria:</b>				<b>8.471</b>	<b>53.148</b>	<b>514.193</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
6,27	5,40	380.292,21	44,89

Fuente: Elaboración Propia

## IV.2.7. Global 2023

Tabla 36. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2023

VALOR NOMINAL (\$)	6.495	
VENCIMIENTO	07/05/2023	
periodo por vencer (semestres)	15	
	efectiva anual	efectiva semestral
CUPON		9,00%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	31,31%	14,59%
CUPON (valor nominal * cupón)		585

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE	término Σ ecuación Duración	término Σ ecuación Convexidad
1	07/05/2016	585	0,87267	510	510	1.020
2	07/11/2016	585	0,76156	445	890	2.671
3	07/05/2017	585	0,66459	388	1.165	4.662
4	07/11/2017	585	0,57997	339	1.356	6.780
5	07/05/2018	585	0,50612	296	1.479	8.875
6	07/11/2018	585	0,44168	258	1.549	10.843
7	07/05/2019	585	0,38544	225	1.577	12.617
8	07/11/2019	585	0,33636	197	1.573	14.156
9	07/05/2020	585	0,29354	172	1.544	15.442
10	07/11/2020	585	0,25616	150	1.497	16.470
11	07/05/2021	585	0,22354	131	1.437	17.243
12	07/11/2021	585	0,19508	114	1.368	17.788
13	07/05/2022	585	0,17024	100	1.294	18.111
14	07/11/2022	585	0,14856	87	1.216	18.236
15	07/05/2023	7.079	0,12965	918	13.767	220.272
<b>Sumatoria:</b>				<b>4.329</b>	<b>32.223</b>	<b>385.191</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
7,44	6,50	293.344,46	67,77

Fuente: Elaboración Propia

## IV.2.8. Global 2024

**Tabla 37. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2024**

VALOR NOMINAL (\$)	8.105	
VENCIMIENTO	13/10/2024	
periodo por vencer (semestres)	18	
	efectiva anual	efectiva semestral
CUPON		8,25%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	27,85%	13,07%
CUPON (valor nominal * cupón)		669

PERÍODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE	término Σ ecuación Duración	término Σ ecuación Convexidad
1	13/04/2016	669	0,88440	591	591	1.183
2	13/10/2016	669	0,78217	523	1.046	3.138
3	13/04/2017	669	0,69175	463	1.388	5.551
4	13/10/2017	669	0,61178	409	1.636	8.182
5	13/04/2018	669	0,54106	362	1.809	10.854
6	13/10/2018	669	0,47852	320	1.920	13.439
7	13/04/2019	669	0,42320	283	1.981	15.847
8	13/10/2019	669	0,37428	250	2.002	18.020
9	13/04/2020	669	0,33101	221	1.992	19.921
10	13/10/2020	669	0,29275	196	1.958	21.533
11	13/04/2021	669	0,25891	173	1.904	22.853
12	13/10/2021	669	0,22898	153	1.837	23.886
13	13/04/2022	669	0,20251	135	1.760	24.645
14	13/10/2022	669	0,17910	120	1.677	25.150
15	13/04/2023	669	0,15840	106	1.589	25.420
16	13/10/2023	669	0,14009	94	1.499	25.479
17	13/04/2024	669	0,12389	83	1.408	25.350
18	13/10/2024	8.774	0,10957	961	17.304	328.784
<b>Sumatoria:</b>				<b>5.443</b>	<b>45.382</b>	<b>619.233</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
8,32	7,36	484.343,60	88,98

Fuente: Elaboración Propia

## IV.2.9. Global 2025

Tabla 38. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2025

VALOR NOMINAL (\$)	5.195	
VENCIMIENTO	21/04/2025	
período por vencer (semestres)	19	
	efectiva anual	efectiva semestral
CUPON		7,65%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	26,45%	12,45%
CUPON (valor nominal * cupón)		397

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DESCTO.	VALOR PRESENTE	término I ecuación Duración	término I ecuación Convexidad
1	21/04/2016	397	0,88928	353	353	707
2	21/10/2016	397	0,79083	314	629	1.886
3	21/04/2017	397	0,70327	279	838	3.354
4	21/10/2017	397	0,62541	249	994	4.971
5	21/04/2018	397	0,55616	221	1.105	6.631
6	21/10/2018	397	0,49459	197	1.179	8.256
7	21/04/2019	397	0,43983	175	1.224	9.789
8	21/10/2019	397	0,39113	155	1.244	11.192
9	21/04/2020	397	0,34783	138	1.244	12.441
10	21/10/2020	397	0,30932	123	1.229	13.522
11	21/04/2021	397	0,27507	109	1.203	14.430
12	21/10/2021	397	0,24462	97	1.167	15.166
13	21/04/2022	397	0,21753	86	1.124	15.735
14	21/10/2022	397	0,19345	77	1.076	16.145
15	21/04/2023	397	0,17203	68	1.026	16.409
16	21/10/2023	397	0,15299	61	973	16.538
17	21/04/2024	397	0,13605	54	919	16.545
18	21/10/2024	397	0,12098	48	865	16.444
19	21/04/2025	5.593	0,10759	602	11.432	228.646
<b>Sumatoria:</b>				<b>3.408</b>	<b>29.825</b>	<b>428.887</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
8,75	7,78	339.112,11	99,51

Fuente: Elaboración Propia



## IV.2.10. Global 2026

Tabla 39. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2026

VALOR NOMINAL (\$)	9.742	
VENCIMIENTO	21/10/2026	
periodo por vencer (semestres)	22	
	efectiva anual	efectiva semestral
CUPON		11,75%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	30,73%	14,34%
CUPON (valor nominal * cupón)		1.145

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DESCU.	VALOR PRESENTE	término I ecuación Duración	término I ecuación Convexidad
1	15/03/2016	1.202	0,89425	1.074	1.074	2.149
2	15/09/2016	1.202	0,79968	961	1.922	5.765
3	15/03/2017	1.202	0,71511	859	2.578	10.311
4	15/09/2017	1.202	0,63949	768	3.073	15.367
5	15/03/2018	1.202	0,57186	687	3.435	20.613
6	15/09/2018	1.202	0,51139	614	3.687	25.806
7	15/03/2019	1.202	0,45731	549	3.846	30.770
8	15/09/2019	1.202	0,40895	491	3.931	35.377
9	15/03/2020	1.202	0,36570	439	3.955	39.545
10	15/09/2020	1.202	0,32703	393	3.929	43.222
11	15/03/2021	1.202	0,29244	351	3.865	46.381
12	15/09/2021	1.202	0,26152	314	3.771	49.017
13	15/03/2022	1.202	0,23386	281	3.653	51.139
14	15/09/2022	1.202	0,20913	251	3.518	52.767
15	15/03/2023	1.202	0,18701	225	3.370	53.928
16	15/09/2023	1.202	0,16724	201	3.215	54.655
17	15/03/2024	1.202	0,14955	180	3.055	54.984
18	15/09/2024	1.202	0,13374	161	2.892	54.954
19	15/03/2025	1.202	0,11959	144	2.730	54.603
20	15/09/2025	1.202	0,10695	128	2.570	53.968
21	15/03/2026	1.202	0,09564	115	2.413	53.087
22	15/09/2026	1.202	0,08552	103	2.261	51.994
23	15/03/2027	1.202	0,07648	92	2.113	50.723
24	15/09/2027	14.191	0,06839	971	23.292	582.309
<b>Sumatoria:</b>				<b>10.354</b>	<b>94.148</b>	<b>1.493.434</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
7,72	6,75	659.329,40	81,64

Fuente: Elaboración Propia

## IV.2.11. Global 2027

Tabla 40. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2027

VALOR NOMINAL (\$)	12.989	
VENCIMIENTO	15/09/2027	
período por vencer (semestres)	24	
	efectiva anual	efectiva semestral
CUPON		9,25%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	25,05%	11,83%
CUPON (valor nominal * cupón)		1.202

PERÍODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DESCUENTO	VALOR PRESENTE	término $\Sigma$ ecuación Duración	término $\Sigma$ ecuación Convexidad
1	15/03/2016	1.202	0,89425	1.074	1.074	2.149
2	15/09/2016	1.202	0,79968	961	1.922	5.765
3	15/03/2017	1.202	0,71511	859	2.578	10.311
4	15/09/2017	1.202	0,63949	768	3.073	15.367
5	15/03/2018	1.202	0,57186	687	3.435	20.613
6	15/09/2018	1.202	0,51139	614	3.687	25.806
7	15/03/2019	1.202	0,45731	549	3.846	30.770
8	15/09/2019	1.202	0,40895	491	3.931	35.377
9	15/03/2020	1.202	0,36570	439	3.955	39.545
10	15/09/2020	1.202	0,32703	393	3.929	43.222
11	15/03/2021	1.202	0,29244	351	3.865	46.381
12	15/09/2021	1.202	0,26152	314	3.771	49.017
13	15/03/2022	1.202	0,23386	281	3.653	51.139
14	15/09/2022	1.202	0,20913	251	3.518	52.767
15	15/03/2023	1.202	0,18701	225	3.370	53.928
16	15/09/2023	1.202	0,16724	201	3.215	54.655
17	15/03/2024	1.202	0,14955	180	3.055	54.984
18	15/09/2024	1.202	0,13374	161	2.892	54.954
19	15/03/2025	1.202	0,11959	144	2.730	54.603
20	15/09/2025	1.202	0,10695	128	2.570	53.968
21	15/03/2026	1.202	0,09564	115	2.413	53.087
22	15/09/2026	1.202	0,08552	103	2.261	51.994
23	15/03/2027	1.202	0,07648	92	2.113	50.723
24	15/09/2027	14.191	0,06839	971	23.292	582.309
<b>Sumatoria:</b>				<b>10.354</b>	<b>94.148</b>	<b>1.493.434</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
9,09	8,13	1.194.269,19	115,35

Fuente: Elaboración Propia

## IV.2.12. Global 2028

Tabla 41. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2028

VALOR NOMINAL (\$)	6.495	
VENCIMIENTO	07/05/2028	
periodo por vencer (semestres)	25	
	efectiva anual	efectiva semestral
CUPON		9,25%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	26,66%	12,54%
CUPON (valor nominal * cupón)		601

PERÍODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DESCU.	VALOR PRESENTE	término I ecuación Duración	término I ecuación Convexidad
1	07/05/2016	601	0,88855	534	534	1,068
2	07/11/2016	601	0,78952	474	949	2,846
3	07/05/2017	601	0,70152	421	1,264	5,057
4	07/11/2017	601	0,62333	374	1,498	7,489
5	07/05/2018	601	0,55386	333	1,664	9,982
6	07/11/2018	601	0,49213	296	1,774	12,417
7	07/05/2019	601	0,43728	263	1,839	14,711
8	07/11/2019	601	0,38855	233	1,867	16,806
9	07/05/2020	601	0,34524	207	1,867	18,666
10	07/11/2020	601	0,30676	184	1,843	20,272
11	07/05/2021	601	0,27257	164	1,801	21,615
12	07/11/2021	601	0,24219	145	1,746	22,698
13	07/05/2022	601	0,21520	129	1,681	23,529
14	07/11/2022	601	0,19122	115	1,608	24,123
15	07/05/2023	601	0,16990	102	1,531	24,497
16	07/11/2023	601	0,15097	91	1,451	24,669
17	07/05/2024	601	0,13414	81	1,370	24,659
18	07/11/2024	601	0,11919	72	1,289	24,489
19	07/05/2025	601	0,10591	64	1,209	24,177
20	07/11/2025	601	0,09410	57	1,131	23,744
21	07/05/2026	601	0,08362	50	1,055	23,207
22	07/11/2026	601	0,07430	45	982	22,585
23	07/05/2027	601	0,06602	40	912	21,892
24	07/11/2027	601	0,05866	35	846	21,143
25	07/05/2028	7.095	0,05212	370	9.245	240.379
<b>Sumatoria</b>				<b>4.878</b>	<b>42.955</b>	<b>676.722</b>

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
8,81	7,82	534.282,43	109,52

Fuente: Elaboración Propia

#### IV.2.13. Global 2031

Tabla 42. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2031

VALOR NOMINAL (\$)		13.639	4.546
VENCIMIENTO		05/08/2031	
período por vencer (semestres)		31	
		efectiva anual	efectiva semestral
CUPON			11,95%
RENDIMIENTO al 26/02/2016		29,54%	13,82%
CUPON (valor nominal * cupón)			1.630

PERÍODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DESCU.	VALOR PRESENTE	término I ecuación Duración	término I ecuación Convexidad
1	05/08/2016	1.630	0,87361	1.432	1.432	2.364
2	05/08/2017	1.630	0,77196	1.258	2.516	7.540
3	05/08/2017	1.630	0,67826	1.105	3.316	13.265
4	05/08/2018	1.630	0,59593	971	3.885	19.425
5	05/08/2018	1.630	0,52359	853	4.267	25.601
6	05/08/2019	1.630	0,46003	750	4.489	31.491
7	05/08/2019	1.630	0,40419	659	4.611	36.891
8	05/08/2020	1.630	0,35513	579	4.650	41.673
9	05/08/2020	1.630	0,31202	509	4.577	45.769
10	05/08/2021	1.630	0,27415	447	4.468	49.149
11	05/08/2021	1.630	0,24087	393	4.318	51.820
12	05/08/2022	1.630	0,21163	345	4.139	53.808
13	05/08/2022	1.630	0,18594	303	3.940	55.155
14	05/08/2023	1.630	0,16337	266	3.728	55.916
15	05/08/2023	1.630	0,14354	234	3.509	56.147
16	05/08/2024	1.630	0,12612	206	3.289	55.909
17	05/08/2024	1.630	0,11081	181	3.070	55.263
18	05/08/2025	1.630	0,09736	159	2.856	54.267
19	05/08/2025	1.630	0,08554	139	2.649	52.977
20	05/08/2026	1.630	0,07516	122	2.450	51.446
21	05/08/2026	1.630	0,06603	108	2.260	49.721
22	05/08/2027	1.630	0,05802	95	2.080	47.846
23	05/08/2027	1.630	0,05097	83	1.911	45.860
24	05/08/2028	1.630	0,04479	73	1.752	43.797
25	05/08/2028	1.630	0,03935	64	1.603	41.688
26	05/08/2029	1.630	0,03457	56	1.465	39.558
27	05/08/2029	6.376	0,03038	188	5.066	141.835
28	05/08/2030	1.630	0,02669	43	1.218	35.322
29	05/08/2030	6.376	0,02345	145	4.200	126.002
30	05/08/2031	1.630	0,02060	34	1.007	31.230
31	05/08/2031	6.376	0,01810	112	3.466	110.908
Sumatoria:				11.910	98.378	1.530.150

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
8,24	7,24	1.181.218,09	99,17

Fuente: Elaboración Propia

## IV.2.14. Global 2034

Tabla 43. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2034

VALOR NOMINAL (\$)	4.871	
VENCIMIENTO	13/01/2034	
periodo por vencer (semestres)	37	
	efectivo anual	efectivo semestral
CUPON		9,38%
RENDIMIENTO al 26/02/2016	25,19%	11,89%
CUPON (valor nominal * cupón)		457

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DESCTO.	VALOR PRESENTE	término I ecuación Duración	término I ecuación Convexidad
1	12/01/2016	457	0,89275	408	408	816
2	12/01/2017	457	0,79879	365	720	2.180
3	12/01/2018	457	0,71201	326	978	2.912
4	12/01/2019	457	0,63286	291	1.165	5.837
5	12/01/2020	457	0,57026	260	1.302	7.812
6	12/01/2021	457	0,50967	233	1.396	9.775
7	12/01/2022	457	0,45552	208	1.456	11.649
8	12/01/2023	457	0,40712	186	1.487	13.386
9	12/01/2024	457	0,36386	166	1.495	14.954
10	12/01/2025	457	0,32528	149	1.485	16.335
11	12/01/2026	457	0,29065	133	1.460	17.528
12	12/01/2027	457	0,25977	119	1.423	18.585
13	12/01/2028	457	0,23217	106	1.378	19.596
14	12/01/2029	457	0,20758	95	1.327	19.898
15	12/01/2030	457	0,18545	85	1.270	20.225
16	12/01/2031	457	0,16575	76	1.211	20.587
17	12/01/2032	457	0,14814	68	1.150	20.980
18	12/01/2033	457	0,13300	60	1.088	21.477
19	12/01/2034	457	0,11923	54	1.027	22.033
20	12/01/2035	457	0,10676	48	966	22.683
21	12/01/2036	457	0,09552	43	906	19.941
22	12/01/2037	457	0,08448	39	848	19.528
23	12/01/2038	457	0,07558	34	792	19.882
24	12/01/2039	457	0,06748	31	740	18.889
25	12/01/2040	457	0,06031	28	689	17.981
26	12/01/2041	457	0,05398	25	640	17.379
27	12/01/2042	457	0,04817	22	594	16.621
28	12/01/2043	457	0,04286	20	551	15.965
29	12/01/2044	457	0,03808	18	510	15.288
30	12/01/2045	457	0,03379	16	471	14.686
31	12/01/2046	457	0,02994	14	435	13.924
32	12/01/2047	457	0,02747	13	401	13.348
33	12/01/2048	457	0,02555	11	370	12.580
34	12/01/2049	457	0,02394	10	341	11.925
35	12/01/2050	457	0,02196	9	313	11.285
36	12/01/2051	457	0,02053	8	288	10.662
37	12/01/2052	5.328	0,01967	83	2.888	117.250
Sumatoria:				3.857	36.982	650.685

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad (semestres)
9,38	8,38	519.694,03	134,73

Fuente: Elaboración Propia

## IV.2.15. Global 2038

Tabla 44. Cálculo Duración y Convexidad Bono Global 2038

VALOR NOMINAL (\$)		4.059	
VENCIMIENTO		31/03/2038	
período por vencer (semestres)		45	
CUPON		efectivo anual	efectivo semestral
RENDIMIENTO al 26/02/2016		20,11%	7,00%
CUPON (valor nominal * cupón)			284

PERÍODOS	CUPONES (semestres)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DESCTO.	VALOR PRESENTE	término I ecuación Duración	término I ecuación Convexidad
1	31/03/2016	284	0,91245	259	259	519
2	31/09/2016	284	0,83257	237	473	1.419
3	31/03/2017	284	0,75968	216	688	2.598
4	31/09/2017	284	0,69317	197	908	3.939
5	31/03/2018	284	0,63249	180	1.139	5.391
6	31/09/2018	284	0,57712	164	1.384	6.887
7	31/03/2019	284	0,52659	150	1.647	8.379
8	31/09/2019	284	0,48049	137	1.892	9.838
9	31/03/2020	284	0,43842	125	1.121	11.212
10	31/09/2020	284	0,40004	114	1.137	12.503
11	31/03/2021	284	0,36502	104	1.141	13.691
12	31/09/2021	284	0,33306	95	1.136	14.783
13	31/03/2022	284	0,30370	86	1.123	15.716
14	31/09/2022	284	0,27733	79	1.103	16.546
15	31/03/2023	284	0,25382	72	1.078	17.254
16	31/09/2023	284	0,23287	66	1.050	17.843
17	31/03/2024	284	0,21406	60	1.018	18.316
18	31/09/2024	284	0,19722	55	983	18.679
19	31/03/2025	284	0,18209	50	947	18.937
20	31/09/2025	284	0,16833	45	909	19.098
21	31/03/2026	284	0,14602	41	871	19.169
22	31/09/2026	284	0,13324	38	833	19.156
23	31/03/2027	284	0,12157	35	795	19.068
24	31/09/2027	284	0,11093	32	756	18.912
25	31/03/2028	284	0,10122	29	719	18.694
26	31/09/2028	284	0,09236	26	682	18.422
27	31/03/2029	284	0,08427	24	647	18.102
28	31/09/2029	284	0,07689	22	612	17.741
29	31/03/2030	284	0,07016	20	578	17.344
30	31/09/2030	284	0,06402	18	546	16.917
31	31/03/2031	284	0,05841	17	515	16.465
32	31/09/2031	284	0,05330	15	485	15.993
33	31/03/2032	284	0,04863	14	456	15.505
34	31/09/2032	284	0,04438	13	429	15.005
35	31/03/2033	284	0,04049	12	403	14.497
36	31/09/2033	284	0,03695	10	378	13.983
37	31/03/2034	284	0,03371	10	354	13.468
38	31/09/2034	284	0,03076	9	332	12.953
39	31/03/2035	284	0,02807	8	311	12.441
40	31/09/2035	284	0,02561	7	291	11.934
41	31/03/2036	284	0,02337	7	272	11.434
42	31/09/2036	284	0,02132	6	254	10.942
43	31/03/2037	284	0,01946	6	238	10.459
44	31/09/2037	284	0,01775	5	222	9.988
45	31/03/2038	4.242	0,01620	70	3.166	145.833
Sumatoria				2.979,22	34.878,98	247.241,88

Duración (semestres)	Duración Modificada (%)	Convexidad (\$)	Convexidad Semestre
11,44	10,44	622.547,56	208,96

Fuente: Elaboración Propia

### IV.3. Duración y convexidad de la cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018 – 2038

Para obtener la duración y convexidad de la cartera constituida por los bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018 – 2038 se realiza una sumatoria del producto entre la duración y convexidad de cada título, por la participación de cada uno en dicha cartera.

TIR	9,87%
D (semestres)	7,80
D* (%)	7,10
Convexidad	85,66

#### Duración de la cartera

**Tabla 45. Cálculo de la duración de la cartera**

BONO	MONTO (\$)	% CARTERA	DURACION	CALCULO DURACION CARTERA	DURACION CARTERA
GLOBAL 2018	752.811	2,44%	3,81	$3,81 \times 2,44\% = 0,09$	0,09
GLOBAL 2018	1.000.000	3,25%	4,71	$4,71 \times 3,25\% = 0,15$	0,15
GLOBAL 2019	2.495.963	8,11%	5,53	$5,53 \times 8,11\% = 0,45$	0,45
GLOBAL 2020	1.500.057	4,87%	6,86	$6,86 \times 4,87\% = 0,33$	0,33
GLOBAL 2022	3.000.000	9,74%	6,27	$6,27 \times 9,74\% = 0,61$	0,61
GLOBAL 2023	2.000.000	6,49%	7,44	$7,44 \times 6,49\% = 0,48$	0,48
GLOBAL 2024	2.495.963	8,11%	8,32	$8,32 \times 8,11\% = 0,67$	0,67
GLOBAL 2025	1.599.817	5,20%	8,75	$8,75 \times 5,20\% = 0,45$	0,45
GLOBAL 2026	3.000.000	9,74%	7,72	$7,72 \times 9,74\% = 0,75$	0,75
GLOBAL 2027	4.000.000	12,99%	9,09	$9,09 \times 12,99\% = 1,18$	1,18
GLOBAL 2028	2.000.000	6,49%	8,81	$8,81 \times 6,49\% = 0,57$	0,57
GLOBAL 2031	4.200.000	13,64%	8,24	$8,24 \times 13,64\% = 1,12$	1,12
GLOBAL 2034	1.500.000	4,87%	9,38	$9,38 \times 4,87\% = 0,46$	0,46
GLOBAL 2038	1.250.003	4,06%	11,44	$11,44 \times 4,06\% = 0,46$	0,46
<b>30.794.614</b>		<b>100,00%</b>			<b>7,80</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### Convexidad de la cartera

**Tabla 46. Cálculo de la convexidad de la cartera**

BONO	MONTO (\$)	% CARTERA	CONVEXIDAD	CALCULO CONVEXIDAD CARTERA	CONVEXIDAD CARTERA
GLOBAL 2018	752.811	2,44%	14,42	$14,42 \times 2,44\% = 0,35$	0,35
GLOBAL 2018	1.000.000	3,25%	20,46	$20,46 \times 3,25\% = 0,66$	0,66
GLOBAL 2019	2.495.963	8,11%	30,36	$30,36 \times 8,11\% = 2,46$	2,46
GLOBAL 2020	1.500.057	4,87%	49,32	$49,32 \times 4,87\% = 2,40$	2,40
GLOBAL 2022	3.000.000	9,74%	44,89	$44,89 \times 9,74\% = 4,37$	4,37
GLOBAL 2023	2.000.000	6,49%	67,77	$67,77 \times 6,49\% = 4,40$	4,40
GLOBAL 2024	2.495.963	8,11%	88,98	$88,98 \times 8,11\% = 7,21$	7,21
GLOBAL 2025	1.599.817	5,20%	99,51	$99,51 \times 5,20\% = 5,17$	5,17
GLOBAL 2026	3.000.000	9,74%	81,64	$81,64 \times 9,74\% = 7,95$	7,95
GLOBAL 2027	4.000.000	12,99%	115,35	$115,35 \times 12,99\% = 14,98$	14,98
GLOBAL 2028	2.000.000	6,49%	109,52	$109,52 \times 6,49\% = 7,11$	7,11
GLOBAL 2031	4.200.000	13,64%	99,17	$99,17 \times 13,64\% = 13,53$	13,53
GLOBAL 2034	1.500.000	4,87%	134,73	$134,73 \times 4,87\% = 6,56$	6,56
GLOBAL 2038	1.250.003	4,06%	208,96	$208,96 \times 4,06\% = 8,48$	8,48
<b>30.794.614</b>		<b>100,00%</b>			<b>85,66</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 47. Cartera de Bonos Soberanos con vencimiento en el periodo 2018-2038**

SEMESTRES	2018 (1)	2018 (2)	2019	2020	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2031	2034	2038	Cartera
0															-100.000
1	333	227	628	292	1.243	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	9.692
2	333	227	628	292	1.243	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	9.692
3	333	227	628	292	1.243	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	9.692
4	333	227	628	292	1.243	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	9.692
5	2.778	227	628	292	1.243	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	12.137
6		3.475	628	292	1.243	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	12.606
7			628	292	1.243	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	9.132
8			8.733	292	1.243	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	17.237
9				292	4.490	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	11.751
10				5.163	1.243	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	13.375
11					4.490	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	11.458
12					1.243	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	8.211
13					4.490	585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	11.458
14						585	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	6.968
15						7.079	669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	13.463
16							669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	6.384
17							669	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	6.384
18							8.774	397	1.145	1.202	601	1.630	457	284	14.489
19								5.593	1.145	1.202	601	1.630	457	284	10.910
20									1.145	1.202	601	1.630	457	284	5.318
21									1.145	1.202	601	1.630	457	284	5.318
22									10.887	1.202	601	1.630	457	284	15.060
23										1.202	601	1.630	457	284	4.173
24										14.191	601	1.630	457	284	17.162
25											7.095	1.630	457	284	9.466
26												1.630	457	284	2.371
27												6.176	457	284	6.917
28												1.630	457	284	2.371
29												6.176	457	284	6.917
30												1.630	457	284	2.371
31												6.176	457	284	6.917
32													457	284	741
33													457	284	741
34													457	284	741
35													457	284	741
36													457	284	741
37													5.328	284	5.612
38														284	284
39														284	284
40														284	284
41														284	284
42														284	284
43														284	284
44														284	284
45														4.343	4.343

## IV.4. APLICACIÓN DE TÉCNICA DE INMUNIZACIÓN PASIVA, EN EL CASO DE UN ÚNICO PAGO EN EL FUTURO

### IV.4.1. Consideraciones generales

El proyecto de investigación se basa en el supuesto de que la inversión en los bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018 – 2038, se realiza a partir de un préstamo a una entidad bancaria en Estados Unidos y no de capital propio.

Para ello se utiliza como tasa de referencia la Tasa Libor, cuyo comportamiento con fecha de corte 06 de Julio del año 2016 es el siguiente:



**Tabla 48. Comportamiento de la Tasa Libor**

LIBOR, other interest rate indexes <span style="float: right;">Updated 7/6/2016</span>			
	This week	Month ago	Year ago
<a href="#">Bond Buyer's 20 bond index</a>	3.18	3.26	3.85
<a href="#">FNMA 30 yr Mtg Com del 60 days</a>	2.87	3.13	3.61
<a href="#">1 Month LIBOR Rate</a>	0.47	0.45	0.19
<a href="#">3 Month LIBOR Rate</a>	0.66	0.66	0.28
<a href="#">6 Month LIBOR Rate</a>	0.93	0.95	0.44
<a href="#">Call Money</a>	2.25	2.25	2.00
<a href="#">1 Year LIBOR Rate</a>	1.23	1.33	0.77

Fuente: <http://www.bankrate.com/rates/interest-rates/libor.aspx> [2016, 06 de Julio]

Para inmunizar la inversión se construyen tres escenarios bajo el supuesto de préstamos por un único pago en el futuro. El objetivo consiste en reinvertir a Tasa Libor los flujos de efectivo generados a partir de la inversión en los títulos seleccionados, de tal forma que el inversionista logre pagar el préstamo al vencimiento y además obtenga un saldo a su favor. Todo esto enmarcado en los métodos de inmunización descritos en el Capítulo II.

#### IV.4.2. Primer escenario, inversión es dos bonos de corto plazo

Se plantea la inversión en dos bonos soberanos de corto plazo, específicamente el Global 2018 (cupón 13,625%) y el Global 2020. Para ello se solicita un préstamo a una entidad bancaria a Tasa Libor con vencimiento a tres años. El valor a pagar al vencimiento es de \$100.000

En vista de que los cupones de los bonos Global 2018 y Global 2020 son semestrales, todo el cálculo se realizará en periodo semestral.

A continuación se determina el valor actual del préstamo:

$$94.597 = \frac{100.000}{(1 + 0,93\%)^6}$$

PRESTAMO HOY (\$):	94.597
TASA LIBOR (semestral):	0,93%
PERIODO (semestres):	6
VALOR FUTURO (\$):	100.000

Esto quiere decir que el inversionista deberá invertir esos \$94.597 durante tres años (6 semestres) para hacer frente al final a los \$100.000.

La inmunización se realizará calculando la duración de los pagos a realizar, es decir, tres años exactos ya que se trata de un único pago en el futuro, e invirtiendo los \$94.597 en una cartera de bonos que tenga la misma duración.

La cartera de bonos va a estar conformada por: a) Global 2018 (cupón 13,625%), cuya duración es de 3,81 semestres y, b) Global 2020, cuya duración es de 6,86 semestres.

Para calcular la parte de la inversión de \$94.597 que se deberá invertir en cada uno de los bonos a fin de inmunizar el pago de \$100.000 dentro de tres años, se resolverá el siguiente sistema de ecuaciones:

$$3,81 X_1 + 6,86 X_2 = 6$$

$$X_1 + X_2 = 1$$

Donde  $X_1$  representa la parte de la inversión que deberá realizarse en el bono Global 2018 (cupón 13,625%), mientras que  $X_2$  representa la parte a invertir en el bono Global 2020. Así pues resulta que  $X_1 = 28\%$  y  $X_2 = 72\%$ , por lo tanto en el bono Global 2018 (cupón 13,625%) se deberá invertir \$26.487, mientras que en el bono Global 2020 se debe colocar \$68.110

Para inmunizar la inversión:

Los cupones recibidos por los bonos se reinvertirán semestralmente a Tasa Libor, la cual a efectos del cálculo se estima que se mantenga fija en 0,93% hasta el momento en que se tenga que realizar el pago de \$100.000

El principal del bono Global 2018 que será reembolsado al inversionista en el quinto semestre, también será reinvertido semestralmente a Tasa Libor hasta el sexto semestre.

El precio del bono Global 2020 en el momento del pago de los \$100.000 se calculará trayendo a valor presente los flujos restantes hasta su vencimiento.

**Tabla 49. Reinversión de los cupones y el principal, primer escenario en el caso de un único pago en el futuro**

Semestres	1	2	3	4	5	6	Semestres	1	2	3	4	5	6
Flujos de caja	3.609	3.609	3.609	3.609	30.096		Flujos de caja	4.087	4.087	4.087	4.087	4.087	4.087
Reinversión Flujo 1	0,930%	3.642					Reinversión Flujo 1	0,930%	4.125				
Total 1		7.251					Total 1		8.211				
Reinversión Flujo 2		0,930%	7.319				Reinversión Flujo 2		0,930%	8.288			
Total 2			10.928				Total 2			12.374			
Reinversión Flujo 3			0,930%	11.029			Reinversión Flujo 3			0,930%	12.489		
Total 3				14.638			Total 3				16.576		
Reinversión Flujo 4				0,930%	14.774		Reinversión Flujo 4				0,930%	16.730	
Total 4					44.870		Total 4					20.817	
Reinversión Flujo 5					0,930%	45.288	Reinversión Flujo 5					0,930%	21.010
Total 5						45.288	Total 5						25.097

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE
7	09/06/2019	4.087	0,86523	3.536
8	09/12/2019	4.087	0,74862	3.059
9	09/06/2020	4.087	0,64772	2.647
10	09/12/2020	72.197	0,56042	40.461
Sumatoria:				49.703

Fuente: Elaboración Propia

$$45.288 + 25.097 + 49.703 = 120.087$$

Al final el inversionista tendrá \$20.087 adicionales de los que hacen falta para realizar el pago de los \$100.000

#### IV.4.3. Segundo escenario, inversión de un bono a corto plazo con un bono a mediano plazo

Se plantea la inversión de un bono a corto plazo y otro de mediano plazo, específicamente el Global 2019 y el Global 2024. Para ello se solicita un préstamo a una entidad bancaria a Tasa Libor con vencimiento a cuatro años. El valor a pagar al vencimiento es de \$150.000

En vista de que los cupones de los bonos Global 2019 y Global 2024 son semestrales, todo el cálculo se realizará en periodo semestral.

A continuación se determina el valor actual del préstamo:

$$139.293 = \frac{150.000}{(1 + 0,93\%)^8}$$

PRESTAMO HOY (\$):	139.293
TASA (%):	0,93%
PERÍODO (semestres):	8
VALOR FUTURO (\$):	150.000

Esto quiere decir que el inversionista deberá invertir esos \$139.293 durante cuatro años (8 semestres) para hacer frente al final a los \$150.000.

La inmunización se realizará calculando la duración de los pagos a realizar, es decir, cuatro años exactos ya que se trata de un único pago en el futuro, e invirtiendo los \$139.293 en una cartera de bonos que tenga la misma duración.

La cartera de bonos va a estar conformada por: a) Global 2019, cuya duración es de 5,53 semestres y, b) Global 2024, cuya duración es de 8,32 semestres.

Para calcular la parte de la inversión de \$139.293 que se deberá invertir en cada uno de los bonos a fin de inmunizar el pago de \$150.000 dentro de cuatro años, se resolverá el siguiente sistema de ecuaciones:

$$5,53 X_1 + 8,32 X_2 = 8$$

$$X_1 + X_2 = 1$$

Donde  $X_1$  representa la parte de la inversión que deberá realizarse en el bono Global 2019, mientras que  $X_2$  representa la parte a invertir en el bono Global 2024. Así pues resulta que  $X_1 = 11\%$  y  $X_2 = 89\%$ , por lo tanto en el bono Global 2019 se deberá invertir \$15.322, mientras que en el bono Global 2024 se debe colocar \$123.971

Para inmunizar la inversión:

Los cupones recibidos por los bonos se reinvertirán semestralmente a Tasa Libor, la cual a efectos del cálculo se estima que se mantenga fija en 0,93% hasta el momento en que se tenga que realizar el pago de \$150.000

El principal del bono Global 2019 será reembolsado al inversionista en el octavo semestre, justo el periodo en el que vence el préstamo.

El precio del bono Global 2024 en el momento del pago de los \$150.000 se calculará trayendo a valor presente los flujos restantes hasta su vencimiento.

**Tabla 50. Reinversión de los cupones y el principal, segundo escenario en el caso de un único pago en el futuro**

Semestres	1	2	3	4	5	6	7	8	Semestres	1	2	3	4	5	6	7	8
Flujos de caja	1.187	1.187	1.187	1.187	1.187	1.187	1.187	16.510	Flujos de caja	10.228	10.228	10.228	10.228	10.228	10.228	10.228	10.228
Reinversión Flujo 1	0,930%	1.199							Reinversión Flujo 1	0,930%	10.323						
Total 1		2.386							Total 1		20.550						
Reinversión Flujo 2		0,930%	2.408						Reinversión Flujo 2		0,930%	20.741					
Total 2			3.596						Total 2			30.969					
Reinversión Flujo 3			0,930%	3.629					Reinversión Flujo 3			0,930%	31.257				
Total 3				4.817					Total 3				41.485				
Reinversión Flujo 4				0,930%	4.861				Reinversión Flujo 4				0,930%	41.870			
Total 4					6.049				Total 4					52.098			
Reinversión Flujo 5					0,930%	6.105			Reinversión Flujo 5					0,930%	52.582		
Total 5						7.293			Total 5						62.810		
Reinversión Flujo 6						0,930%	7.360		Reinversión Flujo 6						0,930%	63.394	
Total 6							8.548		Total 6							73.622	
Reinversión Flujo 7							0,930%	8.627	Reinversión Flujo 7							0,930%	74.306
Total 7								25.137	Total 7								84.534

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSC TO.	VALOR PRESENTE
9	13/04/2020	10.228	0,88440	9.045
10	13/10/2020	10.228	0,78217	8.000
11	13/04/2021	10.228	0,69175	7.075
12	13/10/2021	10.228	0,61178	6.257
13	13/04/2022	10.228	0,54106	5.534
14	13/10/2022	10.228	0,47852	4.894
15	13/04/2023	10.228	0,42320	4.328
16	13/10/2023	10.228	0,37428	3.828
17	13/04/2024	10.228	0,33101	3.385
18	13/10/2024	134.198	0,29275	39.286
<b>Sumatoria:</b>				<b>91.633</b>

Fuente: Elaboración Propia

$$25.137 + 84.534 + 91.633 = 201.304$$

Al final el inversionista tendrá \$51.304 adicional de los que hacen falta para realizar el pago de los \$150.000

#### IV.4.4. Tercer escenario, inversión de un bono a mediano plazo con un bono a largo plazo

Se plantea la inversión de un bono a mediano plazo y otro de largo plazo, específicamente el Global 2025 y el Global 2038. Para ello se solicita un préstamo a una entidad bancaria a Tasa Libor con vencimiento a cinco años. El valor a pagar al vencimiento es de \$300.000

En vista de que los cupones de los bonos Global 2025 y Global 2038 son semestrales, todo el cálculo se realizará en periodo semestral.

A continuación se determina el valor actual del préstamo:

$$273.476 = \frac{300.000}{(1 + 0,93\%)^{10}}$$

PRESTAMO HOY (\$):	273.476
TASA (%):	0,930%
PERIODO (semestres):	10
VALOR FUTURO (\$):	300.000

Esto quiere decir que el inversionista deberá invertir esos \$273.476 durante cuatro años (10 semestres) para hacer frente al final a los \$300.000.

La inmunización se realizará calculando la duración de los pagos a realizar, es decir, cinco años exactos ya que se trata de un único pago en el futuro, e invirtiendo los \$273.476 en una cartera de bonos que tenga la misma duración.

La cartera de bonos va a estar conformada por: a) Global 2025, cuya duración es de 8,75 semestres y, b) Global 2038, cuya duración es de 11,44 semestres.

Para calcular la parte de la inversión de \$273.476 que se deberá invertir en cada uno de los bonos a fin de inmunizar el pago de \$300.000 dentro de cinco años, se resolverá el siguiente sistema de ecuaciones:

$$8,75 X_1 + 11,44 X_2 = 10$$

$$X_1 + X_2 = 1$$

Donde  $X_1$  representa la parte de la inversión que deberá realizarse en el bono Global 2025, mientras que  $X_2$  representa la parte a invertir en el bono Global 2038. Así pues resulta que  $X_1 = 54\%$  y  $X_2 = 46\%$ , por lo tanto en el bono Global 2025 se deberá invertir \$147.677, mientras que en el bono Global 2038 se debe colocar \$125.799

Para inmunizar la inversión:

Los cupones recibidos por los bonos se reinvertirán semestralmente a Tasa Libor, la cual a efectos del cálculo se estima que se mantenga fija en 0,93% hasta el momento en que se tenga que realizar el pago de \$300.000

El precio del bono Global 2025 en el momento del pago de los \$300.000 se calculará trayendo a valor presente los flujos restantes hasta su vencimiento.

El mismo procedimiento anterior se aplicará para determinar el precio del bono Global 2024 en el momento del pago de los \$300.000.

**Tabla 51. Reinversión de los cupones y el principal, tercer escenario en el caso de un único pago en el futuro**

Semestres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Flujos de caja</b>	<b>11.297</b>	<b>11.297</b>	<b>11.297</b>	<b>11.297</b>	<b>11.297</b>	<b>11.297</b>	<b>11.297</b>	<b>11.297</b>	<b>11.297</b>	<b>11.297</b>
Reinversión Flujo 1	0,930%	<u>11.402</u>								
Total 1		22.700								
Reinversión Flujo 2		0,930%	<u>22.911</u>							
Total 2			34.208							
Reinversión Flujo 3			0,930%	<u>34.526</u>						
Total 3				45.823						
Reinversión Flujo 4				0,930%	<u>46.250</u>					
Total 4					57.547					
Reinversión Flujo 5					0,930%	<u>58.082</u>				
Total 5						69.379				
Reinversión Flujo 6						0,930%	<u>70.025</u>			
Total 6							81.322			
Reinversión Flujo 7							0,930%	<u>82.078</u>		
Total 7								93.375		
Reinversión Flujo 8								0,930%	<u>94.244</u>	
Total 8									105.541	
Reinversión Flujo 9									0,930%	<u>106.523</u>
Total 9										<b>117.820</b>

PERIODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE
11	21/04/2021	11.297	0,88928	10.046
12	21/10/2021	11.297	0,79083	8.934
13	21/04/2022	11.297	0,70327	7.945
14	21/10/2022	11.297	0,62541	7.065
15	21/04/2023	11.297	0,55616	6.283
16	21/10/2023	11.297	0,49459	5.587
17	21/04/2024	11.297	0,43983	4.969
18	21/10/2024	11.297	0,39113	4.419
19	21/04/2025	158.974	0,34783	55.296
<b>Sumatoria:</b>				<b>110.545,06</b>

CASO 2  
ANÁLISIS DE DURACIÓN Y CONVEXIDAD DE CARTE-  
RA DE BONOS SOBERANOS DE VENEZUELA CON  
VENCIMIENTO EN EL PERÍODO 2018-2038  
Cristina Vásquez Bilbao

CAPÍTULO IV  
APLICACIÓN DE CONCEPTOS  
DE DURACIÓN Y CONVEXIDAD

Semestres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujos de caja	8.806	8.806	8.806	8.806	8.806	8.806	8.806	8.806	8.806	8.806
Reinversión Flujo 1	0,930%	8.888								
Total 1		17.694								
Reinversión Flujo 2		0,930%	17.858							
Total 2			26.664							
Reinversión Flujo 3			0,930%	26.912						
Total 3				35.718						
Reinversión Flujo 4				0,930%	36.050					
Total 4					44.856					
Reinversión Flujo 5					0,930%	45.273				
Total 5						54.079				
Reinversión Flujo 6						0,930%	54.582			
Total 6							63.388			
Reinversión Flujo 7							0,930%	63.978		
Total 7								72.784		
Reinversión Flujo 8								0,930%	73.460	
Total 8									82.266	
Reinversión Flujo 9									0,930%	83.031
Total 9										91.837

PERÍODOS	CUPONES (semestrales)	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE
11	31/03/2021	8.806	0,91245	8.035
12	31/09/2021	8.806	0,83257	7.332
13	31/03/2022	8.806	0,75968	6.690
14	31/09/2022	8.806	0,69317	6.104
15	31/03/2023	8.806	0,63249	5.570
16	31/09/2023	8.806	0,57712	5.082
17	31/03/2024	8.806	0,52659	4.637
18	31/09/2024	8.806	0,48049	4.231
19	31/03/2025	8.806	0,43842	3.861
20	31/09/2025	8.806	0,40004	3.523
21	31/03/2026	8.806	0,36502	3.214
22	31/09/2026	8.806	0,33306	2.933
23	31/03/2027	8.806	0,30390	2.676
24	31/09/2027	8.806	0,27730	2.442
25	31/03/2028	8.806	0,25302	2.228
26	31/09/2028	8.806	0,23087	2.033
27	31/03/2029	8.806	0,21066	1.855
28	31/09/2029	8.806	0,19222	1.693
29	31/03/2030	8.806	0,17539	1.544
30	31/09/2030	8.806	0,16003	1.409
31	31/03/2031	8.806	0,14602	1.286
32	31/09/2031	8.806	0,13324	1.173
33	31/03/2032	8.806	0,12157	1.071
34	31/09/2032	8.806	0,11093	977
35	31/03/2033	8.806	0,10122	891
36	31/09/2033	8.806	0,09236	813
37	31/03/2034	8.806	0,08427	742
38	31/09/2034	8.806	0,07689	677
39	31/03/2035	8.806	0,07016	618
40	31/09/2035	8.806	0,06402	564
41	31/03/2036	8.806	0,05841	514
42	31/09/2036	8.806	0,05330	469
43	31/03/2037	8.806	0,04863	428
44	31/09/2037	8.806	0,04438	391
45	31/03/2038	134.605	0,04049	5.450
			Sumatoria:	93.156,37

Fuente: Elaboración Propia

$$117.820 + 110.545 + 91.837 + 93.156 = 413.359$$

Al final el inversionista tendrá \$113.459 adicional de los que hacen falta para realizar el pago de los \$300.000

#### IV.5. APLICACIÓN DE TÉCNICA DE INMUNIZACIÓN PASIVA, EN EL CASO DE VARIOS PAGOS EN EL FUTURO

##### IV.5.1. Primer escenario, inversión en dos bonos a corto plazo

Se supondrá un préstamo de \$300.000 al 0,93% de interés semestral (Tasa Libor), pagadero por semestres vencidos, que vence dentro de diez semestres y que se amortiza según el sistema de anualidades constantes (sistema francés). Este sistema de amortización se caracteriza porque la cuota del préstamo se mantiene constante durante toda la vida del préstamo.

La cuota periódica se calcula como una renta constante vencida. De esa cuota se descuentan los intereses causados por la deuda en ese periodo y el resto, es lo que se amortiza de capital.

$$D = R \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Donde:

$D$  = Cantidad tomada en préstamo o deuda inicial

$R$  = Cuota periódica

$i$  = Tasa de interés del periodo

Para el caso en estudio, se sustituyen los datos en la ecuación para obtener la cuota periódica:

$$300.000 = R \left[ \frac{(1 + 0,93\%)^{10} - 1}{0,93\% (1 + 0,93\%)^{10}} \right]$$

$$R = 31.555,80$$

A partir de este dato se construye la tabla de amortización del préstamo:

Tabla 52. **Tabla de amortización del préstamo, primer escenario en el caso de varios pagos en el futuro**

PERÍODO	DEUDA AL INICIO DEL PERÍODO	CUOTA PERIÓDICA	INTERESES	CUOTA DE AMORTIZACIÓN	DEUDA AL FINAL DEL PERÍODO
1	300.000	31.556	2.790	28.766	271.234
2	271.234	31.556	2.522	29.033	242.201
3	242.201	31.556	2.252	29.303	212.898
4	212.898	31.556	1.980	29.576	183.322
5	183.322	31.556	1.705	29.851	153.471
6	153.471	31.556	1.427	30.129	123.342
7	123.342	31.556	1.147	30.409	92.934
8	92.934	31.556	864	30.692	62.242
9	62.242	31.556	579	30.977	31.265
10	31.265	31.556	291	31.265	0

Fuente: Elaboración Propia



Se procede a calcular la duración del préstamo a partir de los flujos que genera la cuota periódica:

Tabla 53. Cálculo de duración del préstamo, primer escenario en el caso de varios pagos en el futuro

PERÍODOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO	VALOR PRESENTE	término $\Sigma$ ecuación Duración	PESOS
1	31.555,80	0,99079	31.265,04	31.265,04	10,42%
2	31.555,80	0,98166	30.976,95	61.953,91	10,33%
3	31.555,80	0,97261	30.691,52	92.074,57	10,23%
4	31.555,80	0,96365	30.408,72	121.634,89	10,14%
5	31.555,80	0,95477	30.128,53	150.642,63	10,04%
6	31.555,80	0,94597	29.850,91	179.105,48	9,95%
7	31.555,80	0,93726	29.575,86	207.031,00	9,86%
8	31.555,80	0,92862	29.303,34	234.426,69	9,77%
9	31.555,80	0,92006	29.033,33	261.299,94	9,68%
10	31.555,80	0,91159	28.765,80	287.658,04	9,59%
$P_0$			300.000,00	1.627.892,18	100,00%

Fuente: Elaboración Propia

La duración del préstamo es de 5,424 semestres. Se trabaja en semestres considerando que el pago de los cupones de los bonos soberanos en estudio es semestral.

Para inmunizar los pagos del préstamo se utiliza una combinación de bonos soberanos, la idea es construir una combinación cuya duración sea igual a la duración del préstamo con varios pagos en el futuro. Para ello se seleccionan los siguientes bonos: a) Bono Global 2018 (cupón 7,00%), cuya duración es de 4,71 semestres, b) Bono Global 2020, cuya duración es de 6,86 semestres.

En la siguiente tabla se muestra la forma de calcular las proporciones de reparto de la inversión de \$300.000 entre ambas emisiones. En la primera columna figuran los semestres, en la segunda y tercera se muestran los flujos de caja de ambas emisiones. En la cuarta se observa el flujo de caja total de la cartera que es igual a la suma ponderada por la proporción invertida en cada emisión de los flujos del periodo correspondiente de ambas emisiones.

**Tabla 54. Proporción de reparto de la inversión y cálculo de TIR de la cartera, primer escenario en el caso de varios pagos en el futuro**

PRECIO	40,45%	36,50%	
VALOR NOMINAL	120.240	179.760	300.000
% PART.	40,08%	59,92%	100%
PERIODOS	GLOBAL 2018 (2)	GLOBAL 2020	TOTAL
0	-48.637	-65.612	-58.809
1	8.417	10.786	9.836
2	8.417	10.786	9.836
3	8.417	10.786	9.836
4	8.417	10.786	9.836
5	8.417	10.786	9.836
6	128.657	10.786	58.028
7		10.786	6.463
8		10.786	6.463
9		10.786	6.463
10		190.546	114.175
<b>TIR</b>	<b>24%</b>		

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los flujos obtenidos, se calcula la TIR de la cartera así como su duración. Para obtener los porcentajes de participación de cada título se realizan una serie de tanteos, el proceso acaba cuando se encuentre una combinación que suministre la misma duración que el préstamo a inmunizar.

Para inmunizar el pago de \$300.000 hay que invertir el 59,92% en el Bono Global 2020 y el 40,08% en el Bono Global 2018 (cupón 7,00%)

**Tabla 55. Cálculo de duración de la cartera, primer escenario aplicando una técnica de inmunización pasiva en el caso de varios pagos en el futuro**

PERIODOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE	término Σ ecuación Duración
1	9.836	0,80404	7.908,69	7.908,69
2	9.836	0,64648	6.358,91	12.717,82
3	9.836	0,51980	5.112,82	15.338,46
4	9.836	0,41794	4.110,92	16.443,66
5	9.836	0,33604	3.305,34	16.526,71
6	58.028	0,27019	15.678,63	94.071,79
7	6.463	0,21724	1.403,98	9.827,88
8	6.463	0,17467	1.128,86	9.030,87
9	6.463	0,14044	907,65	8.168,84
10	114.175	0,11292	12.892,89	128.928,91
			<b>58.808,69</b>	<b>318.963,63</b>
<b>Duración</b>			<b>5,424</b>	

Fuente: Elaboración Propia

#### IV.5.2. Segundo escenario, inversión de un bono a corto plazo con un bono a mediano plazo

Se supondrá un préstamo de \$500.000 al 0,93% de interés semestral (Tasa Libor), pagadero por semestres vencidos, que vence dentro de ocho semestres y que se amortiza según el sistema de anualidades constantes (sistema francés).

Sustituyendo los datos en la ecuación de renta constante vencida para obtener la cuota periódica, se tiene:

$$500.000 = R \left[ \frac{(1 + 0,93\%)^8 - 1}{0,93\% (1 + 0,93\%)^8} \right]$$

$$R = 65.143,87$$

A partir de este dato se construye la tabla de amortización del préstamo:

**Tabla 56. Tabla de amortización del préstamo, segundo escenario en el caso de varios pagos en el futuro**

PERÍODO	DEUDA AL INICIO DEL	CUOTA PERIÓDICA	INTERESES	CUOTA DE AMORTIZACIÓN	DEUDA AL FINAL DEL PERÍODO
1	500.000	65.144	4.650	60.494	439.506
2	439.506	65.144	4.087	61.056	378.450
3	378.450	65.144	3.520	61.624	316.825
4	316.825	65.144	2.946	62.197	254.628
5	254.628	65.144	2.368	62.776	191.852
6	191.852	65.144	1.784	63.360	128.493
7	128.493	65.144	1.195	63.949	64.544
8	64.544	65.144	600	64.544	0

Fuente: Elaboración Propia

Se procede a calcular la duración del préstamo a partir de los flujos que genera la cuota periódica:

**Tabla 57. Cálculo de duración del préstamo, segundo escenario en el caso de varios pagos en el futuro**

PERÍODOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO	VALOR PRESENTE	término X ecuación Duración	PESOS
1	65.143,87	0,99079	64.543,62	64.543,62	12,91%
2	65.143,87	0,98166	63.948,89	127.897,78	12,79%
3	65.143,87	0,97261	63.359,65	190.078,94	12,67%
4	65.143,87	0,96365	62.775,83	251.103,32	12,56%
5	65.143,87	0,95477	62.197,39	310.986,97	12,46%
6	65.143,87	0,94597	61.624,29	369.745,73	12,32%
7	65.143,87	0,93726	61.056,46	427.395,25	12,21%
8	65.143,87	0,92862	60.493,87	483.950,97	12,10%
		$P_0$	500.000,00	2.225.702,57	100,00%

Fuente: Elaboración Propia

La duración del préstamo es de 4,451 semestres.

Para inmunizar los pagos del préstamo se seleccionan los siguientes bonos: a) Bono Global 2018 (cupón 13,625%), cuya duración es de 3,81 semestres, b) Bono Global 2025, cuya duración es de 8,75 semestres.

En la siguiente tabla se muestra la forma de calcular las proporciones de reparto de la inversión de \$500.000 entre ambas emisiones. En la primera columna figuran los semestres, en la segunda y tercera se muestran los flujos de caja de ambas emisiones. En la cuarta se observa el flujo de caja total de la cartera que es igual a la suma ponderada por la proporción invertida en cada emisión de los flujos del periodo correspondiente de ambas emisiones.

**Tabla 58. Proporción de reparto de la inversión y cálculo de TIR de la cartera,segundo escenario en el caso de varios pagos en el futuro**

PRECIO VALOR NOMINAL % PART.	57,25% 206.250 41,25%	36,22% 293.750 58,75%	500.000 100%
PERIODOS	GLOBAL 2018 (1)	GLOBAL 2025	TOTAL
0	-118.078	-106.396	-111.215
1	28.102	22.472	24.794
2	28.102	22.472	24.794
3	28.102	22.472	24.794
4	28.102	22.472	24.794
5	234.352	22.472	109.872
6		22.472	13.202
7		22.472	13.202
8		22.472	13.202
9		22.472	13.202
10		22.472	13.202
11		22.472	13.202
12		22.472	13.202
13		22.472	13.202
14		22.472	13.202
15		22.472	13.202
16		22.472	13.202
17		22.472	13.202
18		22.472	13.202
19		316.222	185.780
<b>TIR</b>	<b>26%</b>		

**Fuente: Elaboración Propia**

A partir de los flujos obtenidos, se calcula la TIR de la cartera así como su duración. Luego de realizar los tanteos para obtener los porcentajes de participación de cada título, se obtiene que para inmunizar el pago de \$1.000.000 hay que invertir el 58,75% en el Bono Global 2025 y el 41,25% en el Bono Global 2018 (cupón 13,625%)

**Tabla 59. Cálculo de duración de la cartera, segundo escenario aplicando una técnica de inmunización pasiva en el caso de varios pagos en el futuro**

PERIODOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE	término Σ ecuación Duración
1	24.794	0,79624	19.742,08	19.742,08
2	24.794	0,63400	15.719,44	31.438,88
3	24.794	0,50482	12.516,45	37.549,35
4	24.794	0,40195	9.966,10	39.864,41
5	109.872	0,32005	35.164,85	175.824,24
6	13.202	0,25484	3.364,43	20.186,61
7	13.202	0,20291	2.678,90	18.752,29
8	13.202	0,16157	2.133,05	17.064,37
9	13.202	0,12865	1.698,42	15.285,76
10	13.202	0,10243	1.352,35	13.523,49
11	13.202	0,08156	1.076,79	11.844,74
12	13.202	0,06494	857,39	10.288,65
13	13.202	0,05171	682,69	8.874,92
14	13.202	0,04117	543,58	7.610,15
15	13.202	0,03278	432,82	6.492,33
16	13.202	0,02610	344,63	5.514,09
17	13.202	0,02079	274,41	4.664,95
18	13.202	0,01655	218,50	3.932,91
19	185.780	0,01318	2.448,15	46.514,92
			<b>111.215,02</b>	<b>494.969,13</b>
<b>Duración</b>			<b>4,451</b>	

Fuente: Elaboración Propia

#### IV.5.3. Tercer escenario, inversión de un bono a mediano plazo con un bono a largo plazo

Se supondrá un préstamo de \$1.000.000 al 0,93% de interés semestral (Tasa Libor), pagadero por semestres vencidos, que vence dentro de nueve semestres y que se amortiza según el sistema de anualidades constantes (sistema francés).

Sustituyendo los datos en la ecuación de renta constante vencida para obtener la cuota periódica, se tiene:

$$1.000.000 = R \left[ \frac{(1 + 0,93\%)^9 - 1}{0,93\% (1 + 0,93\%)^9} \right]$$

$$R = 116.341,54$$

A partir de este dato se construye la tabla de amortización del préstamo:

**Tabla 60. Tabla de amortización del préstamo, tercer escenario en el caso de varios pagos en el futuro**

PERÍODO	DEUDA AL INICIO DEL PERÍODO	CUOTA PERIÓDICA	INTERESES	CUOTA DE AMORTIZACIÓN	DEUDA AL FINAL DEL PERÍODO
1	1.000.000	116.342	9.300	107.042	892.958
2	892.958	116.342	8.305	108.037	784.921
3	784.921	116.342	7.300	109.042	675.880
4	675.880	116.342	6.286	110.056	565.824
5	565.824	116.342	5.262	111.079	454.744
6	454.744	116.342	4.229	112.112	342.632
7	342.632	116.342	3.186	113.155	229.477
8	229.477	116.342	2.134	114.207	115.270
9	115.270	116.342	1.072	115.270	0

Fuente: Elaboración Propia

Se procede a calcular la duración del préstamo a partir de los flujos que genera la cuota periódica:

**Tabla 61. Cálculo de duración del préstamo, tercer escenario en el caso de varios pagos en el futuro**

PERÍODOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DESCUENTO	VALOR PRESENTE	Término $\Sigma$ ecuación Duración	PESOS
1	116.341,54	0,99079	115.269,53	115.269,53	11,53%
2	116.341,54	0,98166	114.207,41	228.414,81	11,42%
3	116.341,54	0,97261	113.155,06	339.465,19	11,32%
4	116.341,54	0,96365	112.112,42	448.449,67	11,21%
5	116.341,54	0,95477	111.079,38	555.396,90	11,11%
6	116.341,54	0,94597	110.055,86	660.335,16	11,01%
7	116.341,54	0,93726	109.041,77	763.292,40	10,90%
8	116.341,54	0,92862	108.037,03	864.296,22	10,80%
9	116.341,54	0,92006	107.041,54	963.373,87	10,70%
		$P_0$	1.000.000,00	4.938.293,75	100,00%

Fuente: Elaboración Propia

La duración del préstamo es de 4,938 semestres.

Para inmunizar los pagos del préstamo se seleccionan los siguientes bonos: a) Bono Global 2023 cuya duración es de 7,44 semestres, b) Bono Global 2031, cuya duración es de 8,24 semestres.

En la siguiente tabla se muestra la forma de calcular las proporciones de reparto de la inversión del millón de dólares entre ambas emisiones. En la primera columna figuran los semestres, en la segunda y tercera se muestran los flujos de caja de ambas emisiones. En la cuarta se observa el flujo de caja total de la cartera que es igual a la suma ponderada por la proporción invertida en cada emisión de los flujos del periodo correspondiente de ambas emisiones.

**Tabla 62. Proporción de reparto de la inversión y cálculo de TIR de la cartera, tercer escenario en el caso de varios pagos en el futuro**

	PRECIO VALOR NOMINAL % PART.	37,50% 536.500 53,65%	41,25% 463.500 46,35%	1.000.000 100%
	PERÍODOS	GLOBAL 2023	GLOBAL 2031	TOTAL
	0	-201.188	-191.194	-196.555
	1	48.285	55.388	51.577
	2	48.285	55.388	51.577
	3	48.285	55.388	51.577
	4	48.285	55.388	51.577
	5	48.285	55.388	51.577
	6	48.285	55.388	51.577
	7	48.285	55.388	51.577
	8	48.285	55.388	51.577
	9	48.285	55.388	51.577
	10	48.285	55.388	51.577
	11	48.285	55.388	51.577
	12	48.285	55.388	51.577
	13	48.285	55.388	51.577
	14	48.285	55.388	51.577
	15	584.785	55.388	339.410
	16		55.388	25.672
	17		55.388	25.672
	18		55.388	25.672
	19		55.388	25.672
	20		55.388	25.672
	21		55.388	25.672
	22		55.388	25.672
	23		55.388	25.672
	24		55.388	25.672
	25		55.388	25.672
	26		55.388	25.672
	27		209.888	97.283
	28		55.388	25.672
	29		209.888	97.283
	30		55.388	25.672
	31		209.888	97.283
	<b>TIR</b>	<b>27%</b>		

**Fuente:Elaboración Propia**

A partir de los flujos obtenidos, se calcula la TIR de la cartera así como su duración. Luego de realizar los tanteos para obtener los porcentajes de participación de cada título, se obtiene que para inmunizar el pago de \$1.000.000 hay que invertir el 53,65% en el Bono Global 2023 y el 46,35% en el Bono Global 2031

**Tabla 63. Cálculo de duración de la cartera, tercer escenario aplicando una técnica de inmunización pasiva en el caso de varios pagos en el futuro**

PERIODOS	FLUJOS DE CAJA	FACTOR DE DSCTO.	VALOR PRESENTE	término $\Sigma$ ecuación Duración
1	51.577	0,78743	40.613,71	40.613,71
2	51.577	0,62005	31.980,57	63.961,14
3	51.577	0,48825	25.182,56	75.547,67
4	51.577	0,38446	19.829,57	79.318,30
5	51.577	0,30274	15.614,46	78.072,30
6	51.577	0,23839	12.295,34	73.772,04
7	51.577	0,18771	9.681,76	67.772,29
8	51.577	0,14781	7.623,73	60.989,87
9	51.577	0,11639	6.003,18	54.028,61
10	51.577	0,09165	4.727,10	47.271,01
11	51.577	0,07217	3.722,27	40.945,02
12	51.577	0,05683	2.931,04	35.172,50
13	51.577	0,04475	2.308,00	30.003,98
14	51.577	0,03524	1.817,39	25.443,52
15	339.410	0,02775	9.417,33	141.259,95
16	25.672	0,02185	560,90	8.974,38
17	25.672	0,01720	441,67	7.508,40
18	25.672	0,01355	347,79	6.260,14
19	25.672	0,01067	273,86	5.203,30
20	25.672	0,00840	215,64	4.312,90
21	25.672	0,00661	169,81	3.565,92
22	25.672	0,00521	133,71	2.941,63
23	25.672	0,00410	105,29	2.421,63
24	25.672	0,00323	82,91	1.989,78
25	25.672	0,00254	65,28	1.632,10
26	25.672	0,00200	51,41	1.336,58
27	97.283	0,00158	153,39	4.141,60
28	25.672	0,00124	31,87	892,49
29	97.283	0,00098	95,11	2.758,22
30	25.672	0,00077	19,76	592,92
31	97.283	0,00061	58,97	1.828,19
			<b>196.555,40</b>	<b>970.532,09</b>
<b>Duración</b>			<b>4,938</b>	

Fuente: Elaboración Propia



## **CAPITULO V**

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según las bases teóricas expuestas en el Capítulo II de la presente investigación, se obtuvieron las medidas de duración y convexidad de cada uno de los títulos en estudio.

Para la medida de la duración se consideró al bono como una cartera formada por varios pagos individuales y se determinó el vencimiento de dicha cartera obteniendo la media ponderada de los vencimientos de cada pago, y a partir de esta premisa se demostró que cuando un bono tiene cupones la duración tiende a ser menor que el plazo de maduración. Esto último se debe a que la duración considera el momento y la magnitud de cada pago que vaya a ser efectuado desde el momento actual hasta el vencimiento.

Asimismo se logró evidenciar que existe una relación positiva entre el plazo de maduración y la duración de un bono; sin embargo se observó que los bonos con tasas faciales mayores tienen duraciones menores, lo cual se debe al efecto de los montos de los cupones.

**Tabla 64. Resumen de duración por cada bono**

BONO	CUPON	VENCE	NOMINAL (\$)	DURACION (semestres)
GLOBAL 2018	13,625%	15/08/2018	2.445	3,81
GLOBAL 2018	7,000%	01/12/2018	3.247	4,71
GLOBAL 2019	7,750%	13/10/2019	8.105	5,53
GLOBAL 2020	6,000%	09/12/2020	4.871	6,86
GLOBAL 2022	12,759%	23/08/2022	9.742	6,27
GLOBAL 2023	9,000%	07/05/2023	6.495	7,44
GLOBAL 2024	8,250%	13/10/2024	8.105	8,32
GLOBAL 2025	7,650%	21/04/2025	5.195	8,75
GLOBAL 2026	11,750%	21/10/2026	9.742	7,72
GLOBAL 2027	9,250%	15/09/2027	12.989	9,09
GLOBAL 2028	9,250%	07/05/2028	6.495	8,81
GLOBAL 2031	11,950%	05/08/2031	13.639	8,24
GLOBAL 2034	9,375%	13/01/2034	4.871	9,38
GLOBAL 2038	7,000%	31/03/2038	4.059	11,44

Fuente: Elaboración Propia

En vista de que el cálculo de duración no considera el ajuste  $[1/(1 + r)]$ , es cuando se realizó este ajuste que se denomina duración modificada, cifra que indica cuánto variará el precio teórico del bono ante una variación porcentual del tipo de interés del  $\pm 1\%$ . La duración modificada actúa como un multiplicador dado que cuanto más grande sea, mayor será el impacto en el precio de los bonos ante un cambio de los tipos de interés..

**Tabla 65. Resumen de duración modificada por cada bono**

BONO	CUPON	VENCE	NOMINAL	DURACION (semestres)	DURACION MODIFICADA (%)
GLOBAL 2018	13,625%	15/08/2018	2.445	3,81	3,18
GLOBAL 2018	7,000%	01/12/2018	3.247	4,71	3,87
GLOBAL 2019	7,750%	13/10/2019	8.105	5,53	4,62
GLOBAL 2020	6,000%	09/12/2020	4.871	6,86	5,93
GLOBAL 2022	12,759%	23/08/2022	9.742	6,27	5,40
GLOBAL 2023	9,000%	07/05/2023	6.495	7,44	6,50
GLOBAL 2024	8,250%	13/10/2024	8.105	8,32	7,36
GLOBAL 2025	7,650%	21/04/2025	5.195	8,75	7,78
GLOBAL 2026	11,750%	21/10/2026	9.742	7,72	6,75
GLOBAL 2027	9,250%	15/09/2027	12.989	9,09	8,13
GLOBAL 2028	9,250%	07/05/2028	6.495	8,81	7,82
GLOBAL 2031	11,950%	05/08/2031	13.639	8,24	7,24
GLOBAL 2034	9,375%	13/01/2034	4.871	9,38	8,38
GLOBAL 2038	7,000%	31/03/2038	4.059	11,44	10,44

Fuente: Elaboración Propia

De esta forma se puede evidenciar como la duración es, además de una medida del plazo del bono, una medida de volatilidad del mismo.

Recordando que la duración modificada explica bastante bien las variaciones en el precio debidas a pequeños cambios en el rendimiento, pero no funciona tan bien cuando estas alteraciones son grandes al asumir que existe una relación lineal entre las variaciones del rendimiento y las del precio, se procedió a calcular la convexidad como una medida mucho más exacta.

**Tabla 66. Resumen de convexidad por cada bono**

BONO	CUPON	VENCE	NOMINAL	DURACION (semestres)	CONVEXIDAD (semestres)
GLOBAL 2018	13,625%	15/08/2018	2.445	3,81	14,42
GLOBAL 2018	7,000%	01/12/2018	3.247	4,71	20,46
GLOBAL 2019	7,750%	13/10/2019	8.105	5,53	30,36
GLOBAL 2020	6,000%	09/12/2020	4.871	6,86	49,32
GLOBAL 2022	12,759%	23/08/2022	9.742	6,27	44,89
GLOBAL 2023	9,000%	07/05/2023	6.495	7,44	67,77
GLOBAL 2024	8,250%	13/10/2024	8.105	8,32	88,98
GLOBAL 2025	7,650%	21/04/2025	5.195	8,75	99,51
GLOBAL 2026	11,750%	21/10/2026	9.742	7,72	81,64
GLOBAL 2027	9,250%	15/09/2027	12.989	9,09	115,35
GLOBAL 2028	9,250%	07/05/2028	6.495	8,81	109,52
GLOBAL 2031	11,950%	05/08/2031	13.639	8,24	99,17
GLOBAL 2034	9,375%	13/01/2034	4.871	9,38	134,73
GLOBAL 2038	7,000%	31/03/2038	4.059	11,44	208,96

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados expuestos en la Tabla N° 59 demuestran que la convexidad está relacionada positivamente con la duración del bono, es decir, las emisiones con mayor duración tienen también mayor convexidad.

Con tan solo la medición de la duración y convexidad de los títulos no es suficiente para mitigar el riesgo de variación en las tasas de interés, para ello se generó una cartera de renta fija a partir de los bonos soberanos con vencimiento en el periodo 2018-2038, obteniéndose una nueva corriente de flujos de tesorería.

La construcción de esta cartera permitió dos aplicaciones: 1) la aplicación de los mismos sistemas de cálculo utilizados para activos individuales con la única diferencia de que la misma es un conjunto de cupones con diferentes vencimientos, además de generarse el rendimiento interno de la cartera utilizado para actualizar los flujos de caja, y 2) la construcción de combinaciones a partir de los títulos en estudio que garantizaran al inversionista una cartera inmunizada frente al cumplimiento de pagos futuros (uno o varios) producto de diversos escenarios de préstamos con características diferentes, los cuales se convertirían en flujo disponible para invertir en estos títulos.

A continuación se presenta una tabla resumen de los resultados obtenidos en los diferentes préstamos sobre los cuales se utilizaron técnicas de inmunización pasiva:

En el caso de un solo pago en el futuro.

**Tabla 67. Resumen aplicación de técnica de inmunización pasiva, en el caso de un único pago en el futuro**

DESCRIPCION	PRESTAMO HOY (\$)	PERIODO (semestres)	VALOR FUTURO (\$)	COMBINACION		% PART.		TOTAL	PRODUCTO DE LA REINVERSION (\$)
PRESTAMO 1	94.597,22	6	100.000,00	GLOBAL 2018 (1)	GLOBAL 2020	28,00%	72,00%	100,00%	20.087,33
PRESTAMO 2	139.292,93	8	150.000,00	GLOBAL 2019	GLOBAL 2024	11,00%	89,00%	100,00%	51.304,19
PRESTAMO 3	273.475,56	10	300.000,00	GLOBAL 2025	GLOBAL 2038	54,00%	46,00%	100,00%	113.358,59

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de varios pagos en el futuro.

**Tabla 68. Resumen aplicación de técnica de inmunización pasiva, en el caso de varios pagos en el futuro**

DESCRIPCION	MONTO	PLAZO (semestres)	DURACION PRESTAMO	COMBINACION		% PART.		TOTAL
PRESTAMO 1	300.000,00	10	5,4236	GLOBAL 2018 (2)	GLOBAL 2020	40,08%	59,92%	100,00%
PRESTAMO 2	500.000,00	8	4,4514	GLOBAL 2018 (1)	GLOBAL 2025	41,25%	58,75%	100,00%
PRESTAMO 3	1.000.000,00	9	4,9383	GLOBAL 2023	GLOBAL 2031	53,65%	46,35%	100,00%

Fuente: Elaboración Propia

## CAPÍTULO VI

## CONCLUSIONES

Un bono es un instrumento de deuda por el cual un emisor se obliga a pagarle a un inversionista un valor determinado en una fecha de vencimiento y a una tasa de cupón periódica.

Sin embargo los bonos tienen un riesgo asociado de tasa de interés porque ésta varía a través del tiempo. Las variaciones de las tasas de interés alteran el valor actual de los activos y a su vez modifican la reinversión de los flujos que generan. Asimismo esta variación, genera cambios en el valor actual de la cartera de inversión de forma inversa a los movimientos de las tasas de interés.

Esta particularidad en el comportamiento del mercado crea la necesidad del inversionista de generar coberturas intrínsecas que le permitan minimizar el impacto de cambios no deseados en los rendimientos de su cartera de inversiones. Una inmunización de bonos de renta fija es una estrategia de inversión, desarrollada a partir del concepto de duración, en la cual un portafolio de bonos se administra de tal forma que el valor sea siempre lo más cercano al valor de unos pasivos.

El concepto de duración puede ser interpretado de dos maneras: es el periodo medio de recuperación en términos de valor actual y, es una medida del grado de sensibilidad que tiene el precio de un activo financiero ante cambios en las tasas de descuento esperadas.

La duración debe ser considerada dentro de la medida del riesgo de los títulos, si se comparan dos bonos que tienen el mismo plazo al vencimiento y el mismo rendimiento, pero en uno se pagan todos los intereses al momento de la amortización y en otro se van pagando los intereses a lo largo de la vida del bono, entonces el primero tiene mayor riesgo de insolvencia y de variación de tipos de interés que el segundo. Por lo tanto una alta duración se visualiza como un indicador de riesgo, ya sea que se tarde mucho en lograr una recuperación de la inversión en términos de valor actual o, que se vea como una alta sensibilidad del valor actual ante variaciones en la tasa de descuento.

La investigación de tipo descriptivo permitió dar respuesta a la pregunta que se planteó en el Capítulo I del presente trabajo, demostrando que es pertinente medir la duración y convexidad de una cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el período 2018-2038 y, a partir de su medición, construir carteras inmunes ante cambios en variables que afectan el precio de dichos títulos de inversión.

Se puede por tanto concluir que se cumplió satisfactoriamente con el objetivo general, siendo posible el análisis de la aplicación de los conceptos de duración y convexidad a una cartera de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018-2038. Para ello la metodología aplicada contempló cubrir cada uno de los objetivos específicos planteados en esta investigación.

A partir del primer objetivo específico se identificaron las variables determinantes de la duración para cada título evaluado. De esta forma se confirmó que la duración es una medida mucho más exacta de la longitud media del tiempo en la que el inversor espera obtener su dinero en una inversión en bonos.

Así, la duración permite cuantificar con propiedad cuanto más largo o más corto es un bono con respecto a otro, teniendo en cuenta no solo su plazo sino también el timing del flujo de fondos. Para cambios infinitesimales en la tasa de interés la duración arroja una aproximación adecuada del nuevo

valor que alcanzará el precio, sin embargo para mejorar la estimación que nos provee la duración cuando los cambios en la tasa de interés son significativos, se incorpora el concepto de convexidad.

A partir del segundo objetivo específico se llevó a cabo la valoración de la convexidad, actividad de la cual se concluye que el inversor puede predecir con mayor exactitud el comportamiento que tendrá el precio del título en el cual desea invertir con respecto a cambios en el rendimiento, representando la valoración de esta medida por parte del inversor uno de los criterios evaluados en cuanto al riesgo de un bono.

La medición de la duración de cada bono permitió identificar carteras inmunes conformadas en tres escenarios para dar respuesta al tercer objetivo específico: inversión en dos bonos a corto plazo, inversión de un bono a corto plazo con un bono a mediano plazo y la inversión de un bono a mediano plazo con un bono a largo plazo.

Con la construcción de estos escenarios se concluye que un inversor en títulos de renta fija puede inmunizar su inversión frente a variaciones en las tasas de interés, construyendo un portafolio cuya duración se corresponda con la duración media de los pagos futuros, y de esta forma hacer rentable su decisión de inversión al obtener un valor neto a su favor.

Es importante tener en cuenta que la inversión adecuada es la que se corresponde con los recursos y los objetivos del inversor. El conocimiento y la aplicación de estos conceptos son fundamentales para dar respuesta al quinto objetivo específico, ya que al conocer los riesgos de los instrumentos de inversión usted podrá elegir de mejor forma entre las alternativas que ofrece el mercado de capitales, y así de acuerdo a su perfil de inversionista, escoger la opción que más se adapte a sus intereses en el horizonte de tiempo en el cual desea recibir el fruto de su inversión.

## RECOMENDACIONES

El perfil del inversionista se refiere a las características de una persona que guían la manera en que debiera tomar sus decisiones de inversión, incluido su nivel de tolerancia al riesgo, en relación a los diversos instrumentos de inversión que existen en el mercado.

En la medida que conozca qué tipo de inversionista es usted, podrá elegir de mejor forma entre las alternativas de inversión a las que puede optar o crear una mezcla de inversiones que se adapten a su perfil.

Saber cuáles son las necesidades y objetivos de inversión actuales, cuál es el horizonte de inversión, la disponibilidad con la que necesitará el dinero, el nivel de riesgo con el que se siente más cómodo, ayuda a definir el perfil del inversionista.

Los bonos como instrumentos financieros pueden ayudar a balancear un portafolio de inversiones, especialmente en tiempos de volatilidad en los mercados. Los beneficios de este tipo de inversión son variados y suficientes para considerarlos como una buena opción para asegurar una mejoría en el camino de las finanzas personales.

Por un lado, los bonos pueden complementar las inversiones en la bolsa de valores porque tienen un comportamiento diferente ante los movimientos del mercado. Además, las inversiones en bonos

generalmente son menos volátiles que la bolsa, aunque tienen una menor tasa de ganancias. Por último, los pagos de los intereses son regulares, y con ello se puede asegurar un ingreso extra.

Conviene entonces saber de qué forma funciona este instrumento financiero y conocer todas las claves para invertir en forma óptima. Los factores de riesgos de este tipo de inversión son: vencimiento del bono, aquí el bono estará sujeto a las fluctuaciones de los intereses; riesgo de crédito, cuando es posible que el emisor no pueda pagar los intereses; riesgo inflacionario, como en cualquier inversión, la inflación puede repercutir en intereses de los bonos.

En el caso de los bonos soberanos de Venezuela, cuyo emisor lo constituye el Estado, el presente trabajo de investigación a través del estudio de ciertas medidas y técnicas de inmunización pasiva aplicadas sobre esta población, permitió demostrar herramientas para el inversor que le sean útiles para tomar ciertos riesgos al momento de estructurar una cartera de inversión.

Aun cuando los bonos en estudio son calificados en el mercado de capitales con un alto nivel de riesgo, la correcta combinación del perfil del inversionista con los rendimientos esperados, constituyen la puerta de entrada para tomar la decisión de invertir en títulos con estas características. A fin de generar mayor cobertura en esta decisión se recomienda utilizar las medidas de duración y convexidad, no solo como un mecanismo de predicción de precio futuro ante variaciones en las tasas de interés del mercado, sino también como elementos útiles con la finalidad de estructurar carteras inmunes que permitan mitigar estos riesgos y finalmente ofrezcan al tenedor de los bonos el margen de rentabilidad esperado. Todo ello soportado por una base de principios financieros expuestos en este trabajo de investigación aplicados a casos reales que sirvan como ejemplo para portafolios con características similares.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, G., Sharpe, S., Bailey, J. (2003). Fundamentos de Inversiones. (3ª ed.). Mexico: Prentice Hall.
- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación: Introducción a la Metodología Científica (5ª ed.). Caracas: Episteme.
- Balestrini, M. (2006). Como se elabora el proyecto de investigación. (7ª ed.). Caracas: Consultores Asociados.
- Banco Mercantil. [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.bancomercantil.com> [2016, 26 de febrero]
- Bankrate [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.bankrate.com/rates/interest-rates/libor.aspx> [2016, 06 de julio]
- Besley, S. y Brigham E. (2001). Fundamentos de Administración Financiera. (12ª ed.). Mexico: Mc Graw Hill.
- Block, S., Hirt, G. y Danielsen B. (2011). Fundamentos de Administración Financiera. (14ª ed.). Mexico: Mc Graw Hill.
- Bonza, J. (2010). Conceptos de duración y convexidad. [Documento en línea]. Disponible en: <http://docplayer.es/17122283-Curso-gestion-de-portafolios-de-inversion-de-reservas-y-fondos-publicos-conceptos-de-duracion-y-convexidad-conceptos-de-duracion-y-convexidad.html>. [2015, 25 de enero]
- Calatayud, F. y Calero, F. (1994). Duración y estrategias de inmunización de carteras de renta fija. [Documento en línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/44128.pd>. [2016, 15 de abril]
- Huerta, J. Emisiones de Bonos Públicos. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.josebhuerta.com/bonos.htm#soberano> [2016, 15 de febrero]
- Lazzatti, N. Técnicas de inmunización basadas en la duración. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/Programa%20de%20Formacin%20%20Adjuntos%20Inscripciones/Lazzatti%20C3%A9nicas%20de%20Inmunizaci%C3%B3n%20basadas%20en%20la%20duraci%C3%B3n.pdf> [2016, 10 de abril]
- Mascareñas, J. (2006). La medida del riesgo de los bonos. [Documento en línea]. Disponible en: [www.ucm.es/info/jmas/mon/10.pdf](http://www.ucm.es/info/jmas/mon/10.pdf) [2015, 02 de marzo]
- \_\_\_\_\_ (2006). La gestión pasiva de las carteras de renta fija. [Documento en línea]. Disponible en: [www.ucm.es/info/jmas/mon/12.pdf](http://www.ucm.es/info/jmas/mon/12.pdf) [2016, 12 de abril]

Matarrita, R. (2001). Duración, Convexidad e Inmunización de Portafolios de Inversiones. [Documento en línea]. Disponible en: <https://www.supen.fi.cr/documents/10179/21720/Nota+t%C3%A9cnica+N%C2%B01++NT-2001-01>. [2015, 12 de febrero]

Parada, J. Elasticidad, duración y tiempo de un bono. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www2.udec.cl/~rparada/Publicacionesrevistas/ElasticidadDuracionYtiempoDeUnBono.pdf>. [2015, 26 de enero]

Soto, G. (2001). Modelos de inmunización de carteras de renta fija. [Documento en línea]. Disponible en: [www.redalyc.org/pdf/969/96917895003.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/969/96917895003.pdf) [2016, 15 de abril]

## APÉNDICES

### APÉNDICE A

Características de bonos soberanos de Venezuela con vencimiento en el periodo 2018 – 2038

**Tabla A1**  
**Características Bono Global 2018**

 <b>República Bolivariana de Venezuela</b>	
MONTO EMISION	: US\$ 1.000 Millones
VENCIMIENTO	: 2018
PLAZO	: 15 años
CUPON	: [ 6,875% – 8,125% ]
PRECIO	: 100%
DENOMINACION	: US\$1.000
FORMATO: REG S, Documentación Estándar Bonos Deuda Externa, Inscritos en la Bolsa de Luxemburgo.	
Agentes Colocadores	
	

Fuente: República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Finanzas

**Tabla A2**  
**Características Bono Global 2025**

<b>Descripción de la Oferta:</b>	
La Oferta del Bono 2025 comprenderá la venta de Títulos de Deuda Pública Nacional denominados en dólares de los EE.UU. (el "Bono en Dólares" o "Bono") con vencimiento en 2025 y cupón fijo semestral, en los términos que se resumen a continuación:	
Emisor .....	República Bolivariana de Venezuela
Formato .....	Eurobono de conformidad con la Regulación S
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. ("U.S.\$" o "US\$")
Monto .....	Mínimo U.S.\$ 1.000.000.000,00
Cupón .....	Fijo y pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360, a ser determinado por la República en el momento de Inicio del Periodo de la Oferta.
Margen sobre el Tesoro Norteamericano.....	A ser establecido por la República en base a un margen sobre el bono del Tesoro Norteamericano que vence el 15 de Febrero del 2031 con un cupón de 5,375%.
Vencimiento.....	21 de abril de 2025
Fecha de pago de intereses.....	Los días 21 de abril y 21 de octubre de cada año
Amortización .....	Única al vencimiento
Ley aplicable .....	Estado de Nueva York, EE.UU.
Cotización .....	La República solicitará la cotización de los Bonos en la Bolsa de Valores de Luxemburgo
Liquidación .....	El precio de compra será pagadero en bolívares a la tasa de cambio oficial de DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLÍVARES CON 00/100 (Bs. 2.150,00) por U.S.\$1,00

Fuente: República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Finanzas

**Tabla A3**  
**Características Bono Global 2020**

**Descripción de la Oferta Combinada:**

La Oferta Combinada comprenderá la venta conjunta y a la par, de los siguientes Bonos de la Deuda Pública en los términos que se resumen a continuación (la "Combinación"):

Bono	Valor Nominal	Vencimiento	Proporción fija en la Combinación
Bono 2016	US\$ 500,00	26 de febrero de 2016	50,00%
Bono 2020	US\$ 500,00	09 de diciembre de 2020	50,00%
Total cada Combinación	US\$ 1.000,00		

El Bono 2016 y el Bono 2020 podrán ser negociados de manera separada luego de la fecha de liquidación (la "Fecha de Liquidación").

**Bono 2016:**

Emisor .....	República Bolivariana de Venezuela
Formato .....	Eurobono de conformidad con la Regulación S
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. ("U.S.\$", "US\$" o "Dólares")
Monto .....	Mínimo de US\$ 750.000.000,00
Cupón .....	5,75% Fijo y pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360, excepto el pago del primer cupón, el cual atenderá al número de días transcurridos entre el 09 de diciembre de 2005 y el 26 de febrero de 2006, sobre la base de cálculo 30/360.
Precio .....	A la par
Vencimiento .....	26 de febrero de 2016
Fecha de pago de intereses .....	Los días 26 de febrero y 26 de agosto de cada año, comenzando el 26 de febrero del 2006.
Amortización .....	Única al vencimiento
Denominaciones .....	US\$ 500,00 mínimo, más incrementos de US\$ 500,00
Ley aplicable .....	Estado de Nueva York, EE.UU.
Cotización .....	La República procederá a aplicar para el listado de los Bonos 2016 en la lista oficial de la bolsa de valores de Luxemburgo (la "Bolsa") y para negociar los Bonos 2016 en el mercado "EURO MTF" de la Bolsa.
Fecha de Liquidación .....	09 de diciembre de 2005
Liquidación .....	El precio de compra será pagadero en bolívares a la tasa de cambio oficial de DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLÍVARES CON 00/100 (Bs. 2.150,00) por U.S.\$

**Bono 2020:**

Emisor .....	República Bolivariana de Venezuela
Formato .....	Eurobono de conformidad con la Regulación S
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. ("U.S.\$", "US\$" o "Dólares")
Monto .....	Mínimo de US\$ 750.000.000,00
Cupón .....	6,00% Fijo y pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360.
Precio .....	A la par
Vencimiento .....	09 de Diciembre de 2020
Fecha de pago de intereses .....	Los días 09 de Junio y 09 de Diciembre de cada año, comenzando el 09 de Junio del 2006.
Amortización .....	Única al vencimiento
Denominaciones .....	US\$ 500,00 mínimo, más incrementos de US\$ 500,00
Ley aplicable .....	Estado de Nueva York, EE.UU.
Cotización .....	La República procederá a aplicar para el listado de los Bonos 2020 en la lista oficial de la bolsa de valores de Luxemburgo (la "Bolsa") y para negociar los Bonos 2020 en el mercado "EURO MTF" de la Bolsa.
Fecha de Liquidación .....	09 de diciembre de 2005
Liquidación .....	El precio de compra será pagadero en bolívares a la tasa de cambio oficial de DOS MIL CIENTO CINCUENTA BOLÍVARES CON 00/100 (Bs. 2.150,00) por U.S.\$

**Fuente: República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Finanzas**

**Tabla A4**  
**Características Bono Global 2023 y 2028**

**Características de la Oferta Combinada**

Bono	Valor Nominal Mínimo	Vencimiento
Bono Soberano Internacional 2023	USD 1.500.000.000,00	07 de mayo de 2023
Bono Soberano Internacional 2028	USD 1.500.000.000,00	07 de mayo de 2028
<b>Total</b>	<b>USD 3.000.000.000,00</b>	

Una Combinación constituye:

Bono	Valor Nominal Mínimo de la Combinación	Proporción
Bono Soberano Internacional 2023	USD 2.000,00	1/2
Bono Soberano Internacional 2028	USD 2.000,00	1/2
<b>Total</b>	<b>USD 4.000,00</b>	<b>1 Combinación</b>

**Bono Soberano Internacional 2023**

Emisor .....	República Bolivariana de Venezuela
Formato .....	Eurobono de conformidad con la Regulación S
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. ("U.S.\$", "US\$", "USD" o Dólares)
Tenor .....	15 años
Monto .....	Mínimo de USD 1.500 millones
Precio .....	Se anunciará el martes 22 de abril de 2008
Cupón .....	9% pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360
Fecha de pago de intereses .....	Los Intereses se pagarán semestralmente los días 07 de mayo y 07 de noviembre de cada año calendario
Amortización .....	Única al vencimiento
Fecha de vencimiento .....	07 mayo 2023
Denominaciones .....	USD 100
Ley Aplicable .....	Estado de Nueva York, E.E.U.U.
Fecha de liquidación .....	07 de mayo 2008
Liquidación .....	El precio de compra de los Bonos Soberanos Internacionales será pagadero en Bolívars Fuertes a la tasa de cambio oficial de Bs. F. 2,15 por USD
Registro .....	La República solicitará el registro en el mercado EURO MTF de la Bolsa de Valores de Luxemburgo
Custodia .....	DTC, Euroclear y Clearstream

**Bono Soberano Internacional 2028**

Emisor .....	República Bolivariana de Venezuela
Formato .....	Eurobono de conformidad con la Regulación S
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. ("U.S.\$", "US\$", "USD" o Dólares)
Tenor .....	20 años
Monto .....	Mínimo de USD 1.500 millones
Precio .....	Se anunciará el martes 22 de abril de 2008
Cupón .....	9,25% pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360
Fecha de pago de intereses .....	Los Intereses se pagarán semestralmente los días 07 de mayo y 07 de noviembre de cada año calendario
Amortización .....	Única al vencimiento
Fecha de vencimiento .....	07 mayo 2028
Denominaciones .....	USD 100
Ley Aplicable .....	Estado de Nueva York, E.E.U.U.
Fecha de liquidación .....	07 de mayo de 2008
Liquidación .....	El precio de compra de los Bonos Soberanos Internacionales será pagadero en Bolívars Fuertes a la tasa de cambio oficial de Bs. F. 2,15 por USD
Cotización .....	La República solicitará el registro en el mercado EURO MTF de la Bolsa de Valores de Luxemburgo
Custodia .....	DTC, Euroclear y Clearstream

**Fuente: República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Finanzas**



**Tabla A5**  
**Características Bono Global 2019 y 2024**

**Descripción de la Oferta Combinada:**

La Oferta Combinada comprenderá la venta conjunta de los siguientes Bonos de la Deuda Pública Nacional (los "Bonos Soberanos Internacionales"):

Bono	Valor Nominal	Vencimiento
Bono Soberano Internacional 2019	USD 1.500.000.000,00	13 de Octubre de 2019
Bono Soberano Internacional 2024	USD 1.500.000.000,00	13 de Octubre de 2024
<b>Total</b>	<b>USD 3.000.000.000,00</b>	

**Una combinación constituye:**

Bono	Valor Nominal de la Combinación	Proporción
Bono Soberano Internacional 2019	USD 1.500,00	1/2
Bono Soberano Internacional 2024	USD 1.500,00	1/2
	<b>USD 3.000,00</b>	<b>1 Combinación</b>

**Bono Soberano Internacional 2019**

Emisor .....	República Bolivariana de Venezuela
Formato .....	Eurobono de conformidad con la Regulación S
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. ("U.S.\$", "US\$", "USD" o "Dólares")
Tenor .....	10 años
Monto .....	USD 1.500 millones
Precio .....	Prima sobre valor nominal a ser determinado por Subasta (rango de precio mínimo y máximo será publicado el martes 29 de septiembre del 2009)
Cupón .....	7.75% pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360
Fecha de pago de intereses .....	Los Intereses se pagarán semestralmente los días 13 de Abril y 13 de Octubre de cada año calendario
Amortización .....	Única al vencimiento
Fecha de vencimiento .....	13 de Octubre 2019
Denominaciones .....	USD 100
Ley Aplicable .....	Estado de Nueva York, E.E.U.U.
Fecha de liquidación .....	13 de Octubre de 2009
Liquidación .....	El precio de compra de los Bonos Soberanos Internacionales será pagadero en Bolívares a la tasa de cambio oficial de Bs. 2.15 por USD
Registro .....	La República solicitará el registro en el mercado EURO MTF de la Bolsa de Valores de Luxemburgo
Custodia .....	DTC, Euroclear y Clearstream

**Bono Soberano Internacional 2024**

Emisor .....	República Bolivariana de Venezuela
Formato .....	Eurobono de conformidad con la Regulación S
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. ("U.S.\$", "US\$", "USD" o "Dólares")
Tenor .....	15 años
Monto .....	USD 1.500 millones
Precio .....	Prima sobre valor nominal a ser determinado por Subasta (rango de precio mínimo y máximo será publicado el martes 29 de septiembre del 2009)
Cupón .....	8.25% pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360
Fecha de pago de intereses .....	Los Intereses se pagarán semestralmente los días 13 de Abril y 13 de Octubre de cada año calendario
Amortización .....	Única al vencimiento
Fecha de vencimiento .....	13 de Octubre 2024
Denominaciones .....	USD 100
Ley Aplicable .....	Estado de Nueva York, E.E.U.U.
Fecha de liquidación .....	13 de Octubre de 2009
Liquidación .....	El precio de compra de los Bonos Soberanos Internacionales será pagadero en Bolívares a la tasa de cambio oficial de Bs. 2.15 por USD
Registro .....	La República solicitará el registro en el mercado EURO MTF de la Bolsa de Valores de Luxemburgo
Custodia .....	DTC, Euroclear y Clearstream

**Fuente: República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Finanzas**

**Tabla A6**  
**Características Bono Global 2022**

<b>Bono Soberano Internacional Amortizable 2022</b>	
• Emisor:	República Bolivariana de Venezuela
• Formato:	Eurobono de conformidad con la Regulación S
• Moneda:	Dólares
• Tenor:	12 años
• Monto:	USD 3.000 millones
• Precio:	Único y será anunciado el martes 10 de Agosto de 2010
• Cupón:	12.75% pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360
• Fecha de pago de intereses:	Los intereses se pagarán semestralmente los días 23 de Febrero y 23 de Agosto de cada año calendario.
• Amortización:	Amortizaciones anuales iguales y consecutivas. Primera amortización el 23 de Agosto 2020, segunda amortización 23 de Agosto de 2021, tercera y última Amortización 23 de Agosto de 2022.
• Fecha de vencimiento:	23 de Agosto 2022
• Denominaciones:	USD 100
• Ley Aplicable:	Estado de Nueva York, E.E.U.U.
• Fecha de liquidación:	23 de Agosto de 2010
• Liquidación:	El precio de compra del Bono Soberano Internacional Amortizable 2022 será pagadero en Bolívars a la tasa de cambio oficial de Bs. 4,30 por USD
• Registro:	La República solicitará el registro en el mercado EURO MTF de la Bolsa de Valores de Luxemburgo
• Custodia:	DTC, Euroclear y Clearstream

**Fuente: República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Finanzas**

**Tabla A7**  
**Características Bono Global 2026**

<b>Bono Soberano Internacional 2026</b>	
Emisor .....	República Bolivariana de Venezuela
Formato .....	Eurobono de conformidad con la Regulación S
Moneda .....	Dólares
Tenor .....	15 años.
Monto .....	USD 3.000 millones
Precio .....	95%
Cupón .....	11,75% pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360
Fecha de pago de intereses .....	Los intereses se pagarán semestralmente los días 21 de Abril y 21 de Octubre de cada año calendario.
Amortización .....	Amortización al vencimiento.
Fecha de vencimiento .....	21 de Octubre de 2026
Denominaciones .....	USD 100
Ley Aplicable .....	Estado de Nueva York, E.E.U.U.
Fecha de liquidación .....	21 de Octubre de 2011
Liquidación .....	El precio de compra del Bono Soberano Internacional 2026 será pagadero en Bolívars a la tasa de cambio oficial de Bs. 4,30 por USD
Registro .....	La República solicitará el registro en el mercado EURO MTF de la Bolsa de Valores de Luxemburgo
Custodia .....	DTC, Euroclear y Clearstream

**Fuente: República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Finanzas**

**Tabla A8**  
**Características Bono Global 2031**

<b>Características Bono Soberano Internacional Amortizable 2031:</b>	
• Emisor:	República Bolivariana de Venezuela
• Formato:	Eurobono de conformidad con la Regulación S
• Moneda:	Dólares
• Tenor:	20 años
• Monto:	USD 4.200 millones
• Precio:	100%
• Cupón:	11,95% pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360
• Fecha de pago de intereses:	Los intereses se pagarán semestralmente los días 05 de Febrero y 05 de Agosto de cada año calendario.
• Amortización:	Amortizaciones anuales y consecutivas. Primera amortización el 05 de Agosto 2029 (33%), segunda amortización 05 de Agosto de 2030 (33%), tercera y última Amortización 05 de Agosto de 2031 (34%).
• Fecha de vencimiento:	05 de Agosto 2031
• Denominaciones:	USD 100
• Ley Aplicable:	Estado de Nueva York, E.E.U.U.
• Fecha de liquidación:	05 de Agosto de 2011
• Liquidación:	El precio de compra del Bono Soberano Internacional Amortizable 2031 será pagadero en Bolívars a la tasa de cambio oficial de Bs. 4,30 por USD
• Registro:	La República solicitará el registro en el mercado EURO MTF de la Bolsa de Valores de Luxemburgo
• Custodia:	DTC, Euroclear y Clearstream

**Fuente: República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Finanzas**

**Tabla A9**  
**Características Bono Global 2034**

<b>Descripción de la Oferta:</b>	
La Reapertura del Bono 2034 comprenderá la venta de Títulos de Deuda Pública Nacional denominados en dólares de los EE.UU. (el "Bono en Dólares" o "Bono") de la serie de Bonos Globales originalmente emitida por la República el 14 de enero de 2004, con vencimiento en 2034 y cupón de 9,375% anual, en los términos que se resumen a continuación:	
Emisor .....	República Bolivariana de Venezuela
Formato .....	Bono Global Registrado en la SEC, bajo la Ley de Mercado de Capitales de los EE.UU. ( <i>Securities Act of 1933</i> )
Moneda .....	Dólares de los EE.UU. ("U.S.\$" o "US\$")
Monto .....	U.S.\$ 250.000.000,00
Cupón .....	9,375% anual, fijo y pagadero semestralmente sobre la base de cálculo 30/360
Vencimiento.....	13 de enero de 2034
Fecha de pago de intereses.....	Los días 13 de enero y 13 de julio de cada año
Amortización .....	Única al vencimiento
Ley aplicable .....	Estado de Nueva York, EE.UU.
Cotización .....	La República solicitará la cotización de los Bonos en la Bolsa de Valores de Luxemburgo
Liquidación .....	El precio de compra será pagadero en bolívars a la tasa de cambio oficial de UN MIL NOVECIENTOS VEINTE BOLÍVARES CON 00/100 (Bs. 1.920,00) por U.S.\$

**Fuente: República Bolivariana de Venezuela Ministerio de Finanzas.**





