

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL CUAUTITLÁN IZCALLI**



**“EL VALOR EN RIESGO, UNA MEDIDA PARA MITIGAR POSIBLES
PÉRDIDAS”**

REPORTE DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN ACTUARÍA

PRESENTA:

YADIRA AZUCENA REYES SÁNCHEZ

ASESOR:

DR. EN C. ECO. MARCO ANTONIO PIÑA SANDOVAL

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO. NOVIEMBRE DE 2018



Universidad Autónoma del Estado de México

Unidad Académica Profesional Cuautitlán Izcalli

Oficio No. UAPCI/DA/DEP/571/2018
Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 15 de noviembre de 2018

DR. EN C. ED. ROLANDO HEREDIA DOMINICO
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO
UAP CUAUTITLÁN IZCALLI
PRESENTE

ASUNTO: VOTO APROBATORIO ASESOR Y REVISORES DE
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN Y AUTORIZACIÓN PARA
IMPRESIÓN.

Los que suscriben, por este medio manifestamos que el trabajo de investigación en la modalidad de REPORTE DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS titulada "EL VALOR EN RIESGO, UNA MEDIDA PARA MITIGAR POSIBLES PÉRDIDAS", del pasante YADIRA AZUCENA REYES SÁNCHEZ, con número de cuenta 1228969, de la LICENCIATURA EN ACTUARÍA, cumple con los requisitos y cualidades que corresponden a esta opción de evaluación profesional.

Por lo anterior, OTORGAMOS nuestro VOTO APROBATORIO en términos del REGLAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO; asimismo manifestamos que estamos de acuerdo en que elabore la impresión del trabajo de investigación.

Sin otro particular, nos reiteramos a sus órdenes.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2018, Año del 190 Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"

ASESOR

DR. EN C. ECO. MARCO ANTONIO PIÑA SANDOVAL

REVISOR

DRA. EN A. D. LETICIA ANGÉLICA MAYA ALVÁREZ

REVISOR

DR. EN ECO. SOC. MARCO ANTONIO PÉREZ MÉNDEZ



DEDICATORIAS.

A Dios por permitirme llegar a este momento de mi vida y compartirlo con mis seres queridos.

A mis padres: Elsa y Oscar porque me enseñaron que con el estudio podría lograr cualquier cosa; Gracias por darme uno de los mejores regalos que pueden brindar los padres a su hijo, la educación. Hoy les digo: “Este título es más suyo que mío”.

A mi Mamá, por motivarme a lograr todas mis metas; sobre todo por estar para mí en los momentos más difíciles de mi vida. ¡Te quiero Mamá!

A mi Papá, porque durante toda mi vida estudiantil me preguntabas sobre mis notas de matemáticas, por sus consejos y por estar a mi lado en todo momento. ¡Te quiero Papá!

A mis hermanas, Jocelyn Saraí e Itzel Yazmín, quienes me distraían cuando intentaba estudiar, me escuchaban cuando les decía que no entendía mis materias y se burlaban de mí por burris; por animarme y ser mi conciencia diciéndome: “ya acabaste tu proyecto, apúrate”. Hoy les digo: “ya lo acabé, ahora siguen ustedes”. ¡Las quiero mucho!

A mis abuelitos, Rodolfo, Zenaida y Mamá Geo, por sus consejos, sus cuidados, sus regaños y por estar al pendiente de mi titulación día con día; Abuelito, gracias por prestarme tu escritorio, ¡ya es todo tuyo!

A ese Logístico, quien me motiva a realizar mis sueños y durante este proceso me animó, me escuchó y me aconsejó cada que me sentía sin avances. ¡Gracias por estar a mi lado, por tu paciencia y cariño!

A mis amigos Danny Fer, Elsa, Toñito, Brenda, por regalarme parte de su tiempo para leer mi trabajo, escucharme y estar a mi lado ¡Gracias por su amistad!

A mis compañeros de trabajo, por darme de su tiempo, en especial Aurora por fungir como asesora y consejera a pesar del poco tiempo con el que contaba.

A Evita, por ayudarme a encontrar los libros que requería para elaborar este modelo y dedicarme de su tiempo

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a la Universidad Autónoma del Estado de México quien, a través de la Unidad Académica Profesional Cuautitlán Izcalli, me brindó todas las oportunidades y conocimientos necesarios para culminar la licenciatura de Actuaría.

Al Doctor Roldando Heredia Dominico, quien siempre fue paciente para resolver todas mis dudas durante la elaboración de este reporte de aplicación de conocimientos, por su orientación y estar al pendiente de mis avances.

Al Doctor Marco Antonio Piña Sandoval, quien confió en mí y decidió tomar este proyecto como suyo. Por todo el apoyo, orientación y consejos que me ayudaron a finalizar este trabajo.

A la Doctora Leticia Angélica Maya Álvarez, por revisar este trabajo y brindarme sus comentarios; por siempre estar accesible ante mis correos o mensajes.

Al Doctor Marco Antonio Pérez Méndez, por revisar y brindarme sus comentarios técnicos, los cuales enriquecieron este reporte.

A mi asesor y revisores, por sus conocimientos proporcionados en el salón de clases; así como sus consejos y amistad otorgada durante mi vida universitaria. Y sobre todo por impulsarme en este último escalón para concluir mi licenciatura.

A la Actuaría Sarahí García Fulgencio, quien aceptó comenzar este proceso de titulación, por su orientación y exigencia.

A todos mis maestros, por la educación brindada y por su contribución para formarme como profesionista.

A mis compañeros de Actuaría, quienes siempre aportaron un granito de arena, para que la licenciatura fuera más fácil y divertida.

¡Muchas Gracias!

RESUMEN.

Actualmente la medición de riesgos financieros ha permitido prevenir pérdidas económicas para el sector financiero. Uno de los riesgos más importantes de conocer y controlar es el riesgo de mercado, el cual es obtenido por medio de una medida estadística denominada "Valor en Riesgo (VaR)".

El VaR ha tenido un gran alcance por lo que varios sectores lo han adoptado como una metodología para medir y controlar riesgos, sobre todo cuando se trata de inversiones. Sin embargo, en algunas ocasiones la implementación puede ser muy costosa debido a que los programas que facilitan su obtención son muy caros. Asimismo, son pocos los textos donde se puede encontrar una descripción detallada de como calcular el VaR.

Después de observar las desventajas existentes se decidió crear un modelo computacional en Excel que permita estimar el VaR de un portafolio de inversiones; el cual cuenta con instrumentos financieros de los mercados de divisa, dinero y valores con el fin de garantizar una diversificación. Además, el modelo es sencillo de emplear ya que cuenta con un manual de usuario.

Debido a todas estas características el modelo sirve como guía para aquella persona que desee aprender a realizar la medición del VaR por medio del método de simulación Montecarlo.

PALABRAS CLAVE.

Riesgo, valor en riesgo, portafolio de inversiones, modelo, simulación, instrumentos financieros.

ABSTRAC.

Currently, the measurement of financial risks has let to prevent economical losses for the financial area. One of the most important risks to know and control is the market risk, which is got through a statistical measure called "Value at Risk (VaR)".

The VaR has been of great importance and several sectors have adopted this as a methodology to measure and control risk, specially talking about investments. However, sometimes the implementation can be very expensive because the programs that make easier how to get it because they are very expensive. Likewise, there are just a few texts where you can find such a detailed description about how start calculating theVaR.

After observing the existing disadvantages, it was decided to create a computational model in Excel that lets estimate the VaR of an investment portfolio; which has financial instruments of the forex market, the money market and capital market to guarantee a diversification. Besides, the model is simple to use because it already counts with a user manual.

Because of all these characteristics the model itself works as a guide for anyone that wants to learn how to determine the VaR measure through Montecarlo simulation method.

KEYWORDS.

Risk, value at risk, investment portfolio, model, simulation, financial instruments.

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN.....	1
I. Definición y caracterización del problema.....	4
II. Relación del problema con el plan de estudios.....	5
CAPÍTULO 1 ALTERNATIVAS PREVIAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA.....	7
1.1. Riesgo.....	7
1.1.1. Antecedentes del riesgo.....	8
1.1.2. Administración de riesgos.....	9
1.1.3. Clasificación de los riesgos.....	11
1.2. Valor en riesgo.....	12
1.2.1. Historia e importancia del VaR.....	15
1.2.2. Metodologías para el cálculo del VaR.....	15
1.2.2.1. Comparación de las metodologías para calcular el VaR.....	18
1.2.3. Método de Simulación Montecarlo.....	20
1.2.3.1. Historia.....	20
1.2.3.2. Importancia.....	21
1.2.3.3. Procedimiento.....	21
1.3. Teoría de modelos y simulación.....	26
1.3.1. Sistema.....	28
1.3.2. Modelo.....	29
1.3.2.1. Construcción de un modelo.....	31
1.3.2.2. Componentes del modelo.....	32
1.3.3. Simulación.....	34
1.3.3.1. Tipos de simulación.....	36
1.3.3.2. Etapas de la simulación.....	37
1.3.3.3. Modelos de simulación.....	39
1.4. Resumen.....	41
CAPÍTULO 2 SOLUCIÓN PROPUESTA O IMPLEMENTADA.....	43
2.1 Aplicación de las etapas de simulación en el proyecto.....	43
2.1.1 Formulación del problema.....	43
2.1.2 Definición del sistema.....	45
2.1.3 Formulación del modelo.....	45
2.1.4 Colección de datos.....	47
2.1.5 Implementación del modelo en computadora.....	48

2.1.6	Verificación.....	49
2.1.7	Validación.....	50
2.1.8	Diseño de experimentos.....	50
2.1.9	Experimentación.....	51
2.1.10	Interpretación.	51
2.1.11	Implementación.	52
2.1.12	Documentación.	52
2.2	Aplicación del Método de Simulación Montecarlo en el proyecto.	52
2.2.1	Identificar los Factores de Riesgo.	52
2.2.2	Calcular los Rendimientos de los Factores de Riesgo.	55
2.2.3	Generar la Matriz de Varianza – Covarianza.....	55
2.2.4	Matriz de Cholesky.	56
2.2.5	Generación de Aleatorios.	56
2.2.6	Generación de los Rendimientos Normales Multivariados.	57
2.2.7	Factores Simulados.....	57
2.2.8	Precios Sucios Simulados.....	58
2.2.9	Pérdidas y Ganancias “P&L”	61
2.2.10	Pérdidas y Ganancias “P&L Total”.	63
2.2.11	Obtener el valor en riesgo.	63
2.3	Resumen.	63
	CAPÍTULO 3 EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	64
3.1	Pruebas con el modelo.	64
3.2	Resultados finales.	67
3.2.1	Manual de Usuario.	67
3.2.1.1	Conceptos Generales.....	67
3.2.1.2	¿Cómo funciona el modelo?	72
3.3	Resumen.	75
	CONCLUSIONES.....	76
	RECOMENDACIONES	78
	REFERENCIAS.....	79
	GLOSARIO	83
	ANEXOS	88

ÍNDICE DE DIAGRAMAS.

Diagrama I. Pasos para invertir.	2
Diagrama II. Proceso de administración de riesgos.	10
Diagrama III. Clasificación de los riesgos.	11
Diagrama IV. Metodologías para calcular el VaR.	16
Diagrama V. Maneras de estudiar un sistema.	27
Diagrama VI. Atributos del sistema.	28
Diagrama VII. Construcción del modelo.	31
Diagrama VIII. Los componentes del modelo.	33
Diagrama IX. Elementos de transformación.	33
Diagrama X. Elementos de clasificación.	34
Diagrama XI. Elementos de retroalimentación.	34
Diagrama XII. Modelo de análisis.	35
Diagrama XIII. Modelo de diseño.	36
Diagrama XIV. Modelo de control.	36
Diagrama XV. Diagrama de flujo representando el proceso del modelo de simulación.	47

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Representación gráfica del VaR.	14
Figura 2. Clasificación de los modelos de simulación	41
Figura 3. Porcentaje de participación por mercado.	46
Figura 4. Asignación de títulos.	62
Figura 5. Pruebas con el modelo.	65
Figura 6. Menú inicio.	72
Figura 7. Portafolio de inversión.	74
Figura 8. Resultados.	74

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Diseño de experimentos.	51
Tabla 2. Delimitación de los factores de riesgo.	53
Tabla 3. Factores de riesgo de los instrumentos financieros.	54
Tabla 4. Comparación de los factores de riesgo simulados.	58

INTRODUCCIÓN.

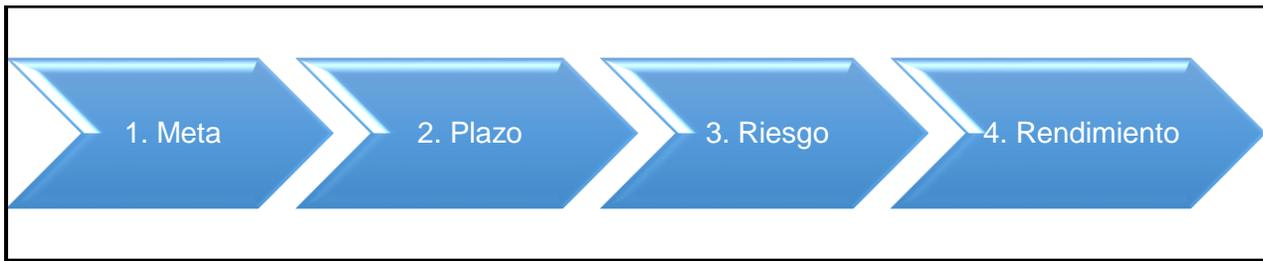
Al escuchar la palabra riesgo comúnmente las personas lo asocian a la posible ocurrencia de un evento que pueda producir una pérdida o un daño. Diariamente el ser humano se encuentra expuesto a este tipo de eventualidad, las cuales van desde un tropiezo hasta desastres naturales. Se puede decir que cuando algo o alguien está en riesgo se tiene una desventaja, por lo tanto, es indispensable disminuirla.

Los riesgos tienen diversas clasificaciones que han permitido darles un tratamiento con el fin de mitigar su daño y exposición (frecuencia con la que se manifiesta). Entre las clasificaciones podemos encontrar: ergonómicos, químicos, ambientales, físicos, biológicos, financieros, entre otros. Ante estos, el hombre ha buscado la manera de controlarlos, pero algunos son incontrolables y únicamente se puede reducir su impacto.

Analizando un caso de riesgo ergonómico controlable encontramos el levantamiento de peso (halterofilia); este se puede disminuir tomando medidas como: poner un máximo de kilos a levantar, uso de faja obligatoria o una herramienta de apoyo. Por otro lado, tenemos los riesgos ambientales que son incontrolables y sólo podemos aminorar su efecto a través de la prevención; por ejemplo, el informar sobre la temporada de huracanes permite a los habitantes tomar precauciones y evitar grandes pérdidas.

Actualmente el estudio de estos ha cobrado auge y varias áreas del conocimiento se dedican a su análisis, tal es el caso de la actuaría donde el objetivo es medir los riesgos financieros. Ávila Bustos (2005) refiere que la medición y control de estos es importante; dado que, las empresas están cambiando su perspectiva de negocios, ahora no sólo se dedican a obtener utilidades, sino a generar valor. Una de las formas de crear valor en las empresas son las inversiones bursátiles. Macías (2013) señala determinados pasos a seguir para hacer una buena inversión (véase diagrama I):

Diagrama I. Pasos para invertir.



Fuente: Elaboración propia con base en Macías (2013).

Sin embargo, comúnmente las personas solamente consideran tres pasos: meta, plazo y rendimiento. Esto se debe a la facilidad de visualizar la manera de lograr una meta, basándose únicamente en el rendimiento (ganancias) deseado o necesario para alcanzar el objetivo, pero al no considerar el riesgo se pueden tener graves problemas.

A lo largo de la historia han ocurrido varios desastres financieros por no medirlo, por ejemplo: en diciembre de 1994 con la devaluación del peso mexicano, se descubrió la fragilidad del sistema financiero y muchas instituciones tuvieron grandes pérdidas derivadas de un mal control de riesgos de mercado y crédito (De Lara Haro, 2015). En consecuencia, a este y otros sucesos del mismo tipo, las instituciones financieras comenzaron a adoptar la medida *valor en riesgo (VaR)*. La cual permite estimar las posibles pérdidas procedentes de una exposición al riesgo, como lo es invertir.

En México se está impulsando la cultura de las inversiones bursátiles y se fomenta la inclusión de las pequeñas empresas. Se necesita promover esta cultura a causa de la poca inversión que se tiene en el mercado bursátil. Un estudio elaborado en 2015 por el Instituto Mexicano para la Competitividad muestra que únicamente el 2.9% de la población invierte en un fondo de inversión y apenas el 0.20% participa en el mercado accionario, comparado con Estados Unidos donde el 52% de la población invierte en el mercado de valores (Santiago, 2017).

Ávila Bustos (2005) asegura que para generar valor en las inversiones se debe optimizar la relación entre el riesgo y el rendimiento. Para obtener las ganancias de una inversión, basta con conocer la tasa de interés o posiblemente cuando uno se dirige a las

instituciones financieras es lo primero que presentan. Sin duda, poder determinar la utilidad de una inversión es fácil, pero ¿qué pasa con el riesgo?

Actualmente los mecanismos para conocerlo son pocos; hay artículos como los de Mendoza Escamilla (2012) y Andrés Artusso (2014), explicando las maneras de determinar el riesgo. Artusso calcula el VaR del índice Merval en Argentina, el ejemplo es sencillo, pero no es útil para quienes desconocen el uso de Excel o buscan el VaR de una cartera de inversión. Incluso hay artículos como el de Malagón Bolaños (2010) que detallan cómo diseñar un software de VaR; su inconveniente es que fueron creados en programas como: HTML, PHP, Crystal Ball, Risk Simulator, SimuAR, entre otros; y algunas aplicaciones requieren conocimientos específicos para su funcionamiento o simplemente su uso se estanca porque son costosos.

También existen textos enfocados en el análisis del VaR en portafolios, aunque presentan deficiencias. Los autores Malagón Bolaños (2010) y Castillo Carranco (2011) analizan una cartera conformada únicamente con divisas o acciones respectivamente, el problema es que carece de diversificación y sólo permite encontrar el activo más riesgoso. Otros escritos relevantes son los de García Villalón (2016), Alonso y Arcos (2006) enfocados en resaltar la eficiencia de los diversos métodos para estimar el VaR. Sin embargo, las conclusiones obtenidas son ambiguas porque simplemente mencionan que ningún método es por excelencia el mejor, sino que la eficiencia depende de los instrumentos financieros empleados.

La utilidad del VaR se ha extendido a resolver problemas de inventarios, química, física, costos, ventas, seguros y otras áreas. Un caso peculiar es la tesis de los autores Lodoño Estrada, Arias Serna y Murillo Gómez (2015) sobre teoría de inventarios, en la cual plantean el uso de esta medida para encontrar el óptimo de inventarios y así disminuir costos, sin duda dicho trabajo resalta la eficiencia del control de riesgos para minimizar pérdidas.

I. Definición y caracterización del problema.

Al observar las carencias de los modelos actuales y notar la importancia del VaR nace el proyecto de ***crear un modelo dinámico en Excel que permita calcular el valor en riesgo de un portafolio de inversión mediante el método de simulación Montecarlo, bajo una interfaz sencilla para el usuario.*** A continuación, se detallan las características:

- ✓ Dinamismo: El usuario podrá elegir los instrumentos financieros, nivel de confianza, porcentaje de participación de cada instrumento, monto de la inversión y el número de simulaciones.
- ✓ Creación en Excel: Se eligió debido a que es un programa común y de fácil acceso a nivel internacional. Durante la elaboración se hará uso de la herramienta Visual Basic con la que cuenta Excel, con el fin de tener una interfaz sencilla para que el usuario pueda manipular el modelo y no tenga contacto con las hojas de cálculo.
- ✓ Portafolio de Inversiones: El modelo contará con instrumentos financieros de los tres tipos de mercados (dinero, valores y divisa), para tener una verdadera diversificación, y tendrá la capacidad de calcular el VaR de cinco activos a la vez.
- ✓ Simulación Montecarlo: Se eligió este método ya que Castillo Carranco (2011) menciona que al parecer “la metodología más robusta para predecir las pérdidas potenciales en ciertas inversiones es el VaR-Montecarlo ya que sobreestima dichas pérdidas” (p. 2), y como señala Sánchez Cerón (2001) “la exactitud de las estimaciones es mayor que la de los otros modelos” (p. 120). Además, se observa el uso frecuente de este método en la resolución de problemas matemáticos, físicos y químicos.

La misión general del proyecto es que el usuario adquiera sensibilidad ante la variación del VaR y con los resultados pueda tomar decisiones o estrategias respecto al nivel de riesgo que desea asumir.

II. Relación del problema con el plan de estudios.

La elaboración del presente proyecto es un reflejo de la definición de Actuario que cita la UAEMEX (2017):

El Actuario es el profesional capacitado para analizar y resolver problemas financieros y de riesgo contingente. Es especialista en el análisis, previsión y minimización de los riesgos que supone toda actividad económica. Evalúa la viabilidad y rendimiento de estrategias de inversión buscando la reducción de los impactos financieros adversos.

La definición se cumple a lo largo del desarrollo del trabajo porque es necesario considerar todos los aspectos financieros (factores de riesgo) que influyen en el precio de los instrumentos; siendo esto un ejemplo de los problemas a enfrentar diariamente en los mercados bursátiles. Este proyecto permite experimentar con diversos escenarios, de tal modo que el usuario pueda hallar la combinación óptima para conformar una cartera de inversión con riesgo mínimo. En conclusión, con el modelo es posible crear las estrategias necesarias para evitar una peligrosa exposición al riesgo.

Adicional, el proyecto permitirá al egresado hacer uso de los aprendizajes adquiridos a lo largo de sus estudios universitarios; porque empleará conocimientos de diversas asignaturas, como son:

- ✓ Álgebra superior: Se obtuvo la capacidad de análisis para deducir las relaciones entre diferentes conjuntos de información, a través de las tablas de verdad de conjunción, disyunción y negación. Conocimientos necesarios para poder programar con estructuras condicionales y cíclicas.
- ✓ Álgebra lineal: Se aprendió el funcionamiento de las ecuaciones lineales y matriciales, aprendizajes base para poder solucionar la matriz de Cholesky en el método de simulación Montecarlo.
- ✓ Programación I y II: Se dio el primer acercamiento a la programación a través del uso de diagramas de flujo y pseudocódigo. Se estudian los diferentes tipos de

operadores, tipos de datos, estructuras condicionales, estructuras cíclicas, entre otros.

- ✓ Mercados financieros: Se generó conocimiento en materia de ahorro, inversión, sobre el funcionamiento del Sistema Financiero, los tipos de mercados, sus participantes e intermediarios.
- ✓ Administración de Riesgos Financieros: Se aprendió el concepto de VaR y las metodologías para la obtención de este. Además, para crear el modelo se debe emplear el proceso de administración de riesgos (véase diagrama II, capítulo 1).
- ✓ Modelos y Simulación: Se experimentó cómo realizar modelos y se desarrolla la visión de mejorar los ya existentes.

Estas son algunas de las áreas del conocimiento a las que se recurre en la creación del proyecto; sin embargo, no son las únicas. En el anexo A se pueden observar a detalle los conocimientos adquiridos en diferentes asignaturas, necesarios para poder realizar este trabajo.

CAPÍTULO 1 ALTERNATIVAS PREVIAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA.

“Es dudoso que el género humano logre crear un enigma que el mismo ingenio humano no resuelva.”

Edgar Allan Poe

Todos los problemas tienen un sin fin de soluciones, sin embargo, algunas son más adecuadas que otras. Por ello, este capítulo se divide en dos apartados muy importantes, el primero aborda todos los aspectos involucrados con el VaR, aquí se explica a detalle cada uno de los métodos que permiten determinarlo. En la segunda sección se dan a conocer todas las características y el procedimiento a seguir para crear un modelo.

Después de identificar todas las formas de resolver el problema, se establece cual es el método de VaR y el tipo de modelo que soluciona de manera óptima el tema de estudio.

1.1. Riesgo.

La palabra riesgo “proviene del latín *risicare*, que significa atreverse o transitar por un sendero peligroso” (De Lara Haro, 2015, p.13). Formalmente se define como la posibilidad de que un evento produzca una consecuencia desfavorable o negativa, puede ser un daño o una pérdida.

En el área financiera, su definición “está relacionada con la posibilidad de que ocurra un evento que se traduzca en pérdidas para los participantes de los mercados financieros, pueden ser: inversionistas, deudores o entidades financieras” (CNBV, 2018, p.33). Por ello, este sector se dedica a analizar el riesgo, pues poder estimarlo y prevenir sus consecuencias representa grandes oportunidades.

1.1.1. Antecedentes del riesgo.

El riesgo ha existido siempre, por lo cual conocer su origen es difícil; algunos autores lo vinculan a los primeros estudios relacionados con su medición. En el Siglo XVI durante el Renacimiento apareció por primera vez el concepto de *probabilidad*, como consecuencia de la afición por los juegos de azar (dados y cartas). Ávila Bustos (2005) menciona que las primeras aportaciones fueron de los italianos Girolamo Cardano y Galileo Galilei; en sus libros *Liber de Ludo Aleae (Libro de juegos de azar)* y *Sopra le Scoperte dei Dadi (Jugando a los dados)* respectivamente; donde Cardano propuso el término *probable* y ambos plantearon un análisis de frecuencia de los posibles resultados y combinaciones de los juegos de azar.

En el Siglo XVII Antonio de Gombaud mejor conocido como Chevalier de Mére planteó el siguiente problema:

Dos jugadores escogen, cada uno de ellos, un número del 1 al 6, distinto uno del otro, y apuestan 32 doblones de oro a que el número escogido por uno de ellos aparece tres ocasiones antes que el número del contrario al lanzar sucesivamente un dado. Suponga que el número de uno de los jugadores ha aparecido dos veces y el número del otro, una sola vez. Bajo estas circunstancias, ¿cómo debe dividirse la apuesta si el juego se suspende? (Rincón, 2014, p. 1)

Para resolver este problema Chevalier pidió ayuda a Blaise Pascal, quien a su vez consultó a Pierre de Fermat; y estas circunstancias dieron origen a grandes aportaciones, entre ellas, la formulación de un método sistemático para medir la probabilidad.

Luego, Abraham de Moivre en 1730, presentó la *distribución de probabilidad normal* y el concepto de *desviación estándar*. En 1738 Daniel Bernoulli, propuso la idea: “el grado de satisfacción que resulta de un aumento en la riqueza de una persona es inversamente proporcional a la cantidad de bienes con los que cuenta esa persona” (De Lara Haro, 2015, p.14); paradigma que se sigue observando en el comportamiento de los inversionistas.

Posteriormente, Francis Galton transformó el concepto de *probabilidad estática a dinámica*, al descubrir el concepto de *regresión media*, donde refirió que, a pesar de una sobrevaluación originada por la fluctuación en los precios de los activos en los mercados, siempre habrá una fuerza que los incline a tomar el valor promedio históricamente observado, es decir, restauración de la normalidad (Ávila Bustos, 2005).

Más tarde, Harry Markowitz aportó los conceptos de *covarianza* y *correlación*. También desarrolló la teoría de portafolios donde explicó que, al añadir más activos a una cartera, el riesgo disminuye y midió el riesgo a través de la *desviación estándar*. Después debido al crecimiento de los mercados y la proliferación de nuevos instrumentos derivados (futuros, opciones y swaps), Fisher Black y Myron Scholes propusieron la valuación de opciones financieras en 1973 (Domínguez Mondragón, 2015).

En 1993 se creó el grupo de los treinta (G-30), una asociación internacional privada con la finalidad de establecer lineamientos adecuados para el tratamiento de las operaciones financieras. A partir de 1994 nace el modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model) donde se tiene la premisa: el rendimiento de un activo o portafolio es igual a la tasa libre de riesgo más una prima de riesgo (Ávila Bustos, 2005). Finalmente, el 11 de octubre de 1994 el banco estadounidense J.P. Morgan publicó en su sistema de gestión de riesgos, el documento *Riskmetrics* en el que expuso el término: *valor en riesgo*.

1.1.2. Administración de riesgos.

El riesgo es inherente a toda actividad económica, se manifiesta de múltiples formas y su presencia se ha magnificado como resultado de los procesos de globalización, afectando principalmente los ingresos y la estabilidad financiera de las empresas, los individuos y las naciones. De ahí que el analizarlo se ha convertido en una de las mayores preocupaciones en el ámbito financiero (Ortiz, 2007).

La visión del área financiera es manejar el riesgo como una oportunidad para generar beneficios, en consecuencia, a esto surge la *Administración de Riesgos* en el sector financiero, cuyo propósito es identificar, cuantificar y administrar la incertidumbre de los resultados esperados.

La incertidumbre es la posibilidad de que el resultado esperado no ocurra, se pueden presentar dos tipos: la general y la específica. La primera representa una completa ignorancia sobre la manera de obtener el resultado, es decir, su cuantificación es imposible. Y la segunda, permite asignar ciertas probabilidades de ocurrencia a un resultado, por lo tanto, es posible su cuantificación (Banco Multiva, 2014). Por consiguiente, la gestión de riesgos entiende el riesgo como una incertidumbre específica.

Actualmente muchas instituciones financieras cuentan con un área de administración de riesgos la cual apoyada de su proceso de gestión (véase diagrama II), asegura que la institución o el inversionista no sufra pérdidas económicas inaceptables. Este propósito es logrado gracias a las políticas, procedimientos y acciones propuestas por dicha área.

Diagrama II. Proceso de administración de riesgos.



Fuente: Elaboración propia con base en García Fulgencio (2016).

A continuación, se expone a cada uno de los pasos del proceso de administración de riesgos (García Fulgencio, 2016):

- ✓ Identificar: Consiste en reconocer todos los tipos y factores de riesgo que afectan la operación o los resultados esperados de la empresa.
- ✓ Evaluar: Es esencial hacer una adecuada medición y valoración de todos los efectos (posibles pérdidas o ganancias) que genera la exposición al riesgo. En esta parte del proceso se desarrollan diversos modelos y metodologías para encontrar los resultados.
- ✓ Gestionar: Con la evaluación de riesgos los administradores pueden coordinar las políticas, medidas o límites necesarios para reducir su exposición y obtener mayores beneficios.

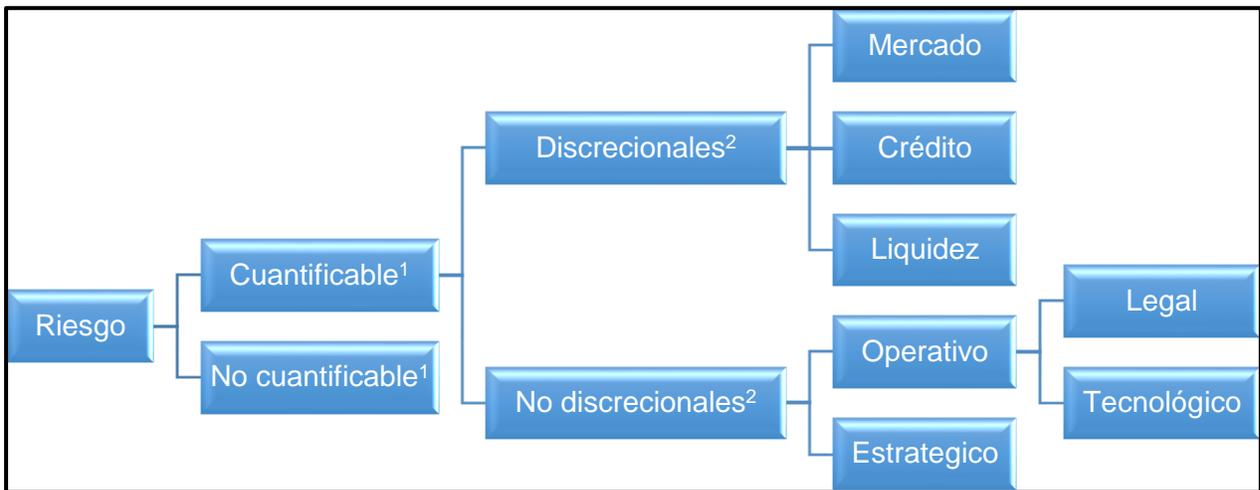
- ✓ **Controlar:** Se debe vigilar que las políticas o límites establecidos por los gestores de riesgos se cumplan; en caso de encontrar desviaciones, se deben reportar y corregir de manera oportuna, evitando así, grandes pérdidas.

Por lo anterior, tener una buena administración de riesgos en la actualidad es indispensable para cualquier empresa y sobre todo para las del sector financiero, ya que, al entender el riesgo, medirlo y determinar sus consecuencias será posible tomar medidas preventivas o decisiones, para reducir su impacto.

1.1.3. Clasificación de los riesgos.

Para poder estudiarlos los administradores se apoyan de la clasificación establecida por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV), esta categorización permite entender las características que hacen único a cada riesgo (véase diagrama III).

Diagrama III. Clasificación de los riesgos.



Fuente: Elaboración propia con base en la clasificación de CNBV (2018).

La primera categorización está dada de acuerdo con su medición, en este caso los riesgos cuantificables son posibles de medir, puesto que se tienen suficientes bases estadísticas las cuales permiten determinarlos. Por otro lado, los no cuantificables son difíciles de calcular porque son derivados de eventos imprevistos y no se goza de bases estadísticas para dimensionarlos.

La segunda clasificación pertenece a los cuantificables, donde los no discrecionales son los aquellos relacionados con la operación del negocio y los discrecionales son resultado de la posición de riesgo que decidió tomar el negocio. Así, por ejemplo, en un banco los no discrecionales son las fallas en sistemas, posibles demandas o quejas, sanciones ante las comisiones y fraudes. Mientras, los discrecionales tienen que ver con el número de acreedores, el número de acreditados, el capital y el tipo de inversiones.

A continuación, sólo se detallan los riesgos discrecionales¹ debido a que entre estos se encuentra el riesgo a estudiar en el presente proyecto (Menichini, 2004):

- ✓ Riesgo de Mercado: Es la pérdida potencial de valor de los activos financieros ocasionada por los movimientos de los factores de riesgo; como son: tasas de interés, tipos de cambio, entre otros.
- ✓ Riesgo de Crédito: Pérdida potencial causada por el incumplimiento del acreditado ante la institución, es decir, el acreditado deja de pagar su crédito.
- ✓ Riesgo de Liquidez: Es la pérdida potencial originada por la imposibilidad de transformar en efectivo un activo o su portafolio.

Los tres riesgos se pueden estimar mediante la metodología de VaR; sin embargo, este proyecto se enfoca en mostrar la forma de valorar únicamente el de mercado.

1.2. Valor en riesgo.

El valor en riesgo (VaR notación por sus siglas en inglés *Value at Risk*) “es una medida estadística de riesgo de mercado para estimar la pérdida máxima que podría registrar un portafolio en un intervalo de tiempo y con cierto nivel de confianza, en condiciones normales de mercado” (De Lara Haro, 2015, p. 59); es decir, esta medida es válida cuando no se presentan momentos crisis o turbulencias en el mercado.

¹ En el glosario se encuentran las definiciones de los riesgos no discrecionales.

En términos matemáticos, si se supone que P/G_T es una variable aleatoria que representa las pérdidas y ganancias (reales) observadas en la fecha futura $T = n + 1$ el VaR se define como:

$$P \left(P/G_T < VaR_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}^H \right) = \frac{\alpha}{2}$$

Donde:

$1 - \frac{\alpha}{2}$ = Nivel de confianza de que la pérdida real al día siguiente no exceda el VaR.

$\frac{\alpha}{2}$ = Probabilidad porcentual de que la pérdida real al día siguiente exceda el VaR.

$VaR_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}^H$ = Es la pérdida máxima esperada para el día $n + 1$ calculada el día n ,

con un horizonte de inversión de H días.

Para entender mejor la definición de VaR es necesario comprender ciertos parámetros que lo componen (en la figura 1 se encuentra la representación gráfica):

- ✓ Pérdida máxima esperada: Es el monto de dinero que es posible perder en la cartera de inversión. Ejemplo \$10,000 pesos.
- ✓ Intervalo de tiempo u horizonte: Es el periodo desde el momento actual hacia el futuro para el cual se estima la pérdida máxima probable. Por ejemplo, el Banco Internacional de Liquidaciones (BIS) recomienda un horizonte de 10 días para los intermediarios financieros y un día para operaciones en mercados líquidos.
- ✓ Nivel de confianza: Es la probabilidad de que el parámetro a estimar se encuentre en el intervalo de confianza. Los niveles de confianza más utilizados se ubican entre 90% y 99%. Indica el porcentaje de tiempo en el cual se espera no tener pérdidas mayores a las predichas en el modelo.
- ✓ Número de simulaciones: Es la cantidad de observaciones consideradas en el cálculo del VaR, por regulación el mínimo debe ser de 250 datos.

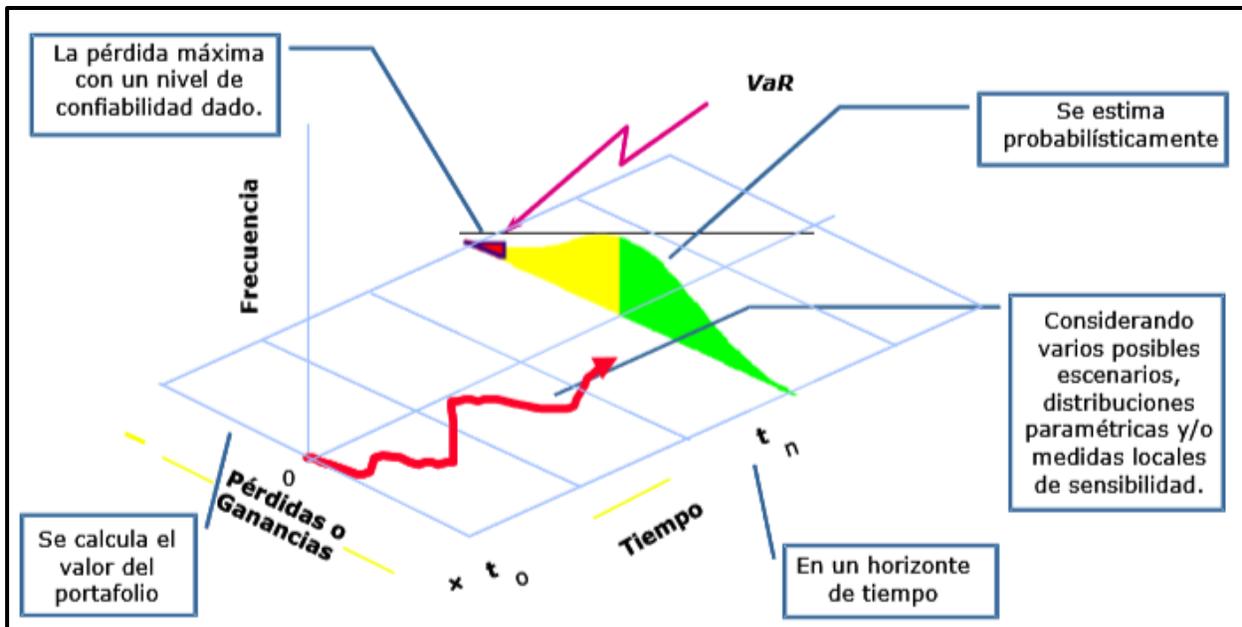
El siguiente ejemplo ayuda a percibir mejor estos conceptos.

Un inversionista tiene un portafolio de inversión con valor de \$1,000,000 de pesos, el VaR asciende a \$25,000 pesos, calculado a un nivel de confianza del 95%, un horizonte de inversión de 1 día y considerando 20 días de historia en la valuación.

Análisis del problema:

- ✓ La pérdida máxima son los \$25,000 pesos, monto que representa el 2.5% del valor del portafolio.
- ✓ En este caso el nivel de confianza indica el porcentaje de tiempo en el cual se espera no tener pérdidas mayores a las predichas en el modelo. Así que de acuerdo con el problema el nivel de confianza expresa que la pérdida máxima será de \$25,000 pesos en 1 de los 20 días observados. En otras palabras, se estima que en 19 de los 20 días las pérdidas no excederán los \$25,000 pesos.

Figura 1. Representación gráfica del VaR.



Fuente: Obtenido de Banco de México (2017).

1.2.1. Historia e importancia del VaR.

El concepto se propuso el 11 de octubre de 1994, cuando el banco J.P. Morgan puso a disposición del público su sistema de gestión de riesgos, denominado *Riskmetrics*, con el objetivo de incrementar la transparencia de las instituciones financieras y establecer un sistema homogéneo en la medición de riesgos de mercado. Más adelante, en 1997 el Comité de Basilea (Organización Mundial de Supervisión Bancaria), adoptó esta metodología para determinar los requerimientos de capital de los organismos financieros por concepto de riesgo de mercado (Sánchez Cerón, 2001).

Actualmente la metodología del VaR es empleada por una cantidad importante de instituciones financieras en México y el mundo, debido a su facilidad de representar con un sencillo número, la exposición total al riesgo de mercado.

Las ventajas de emplear este método son:

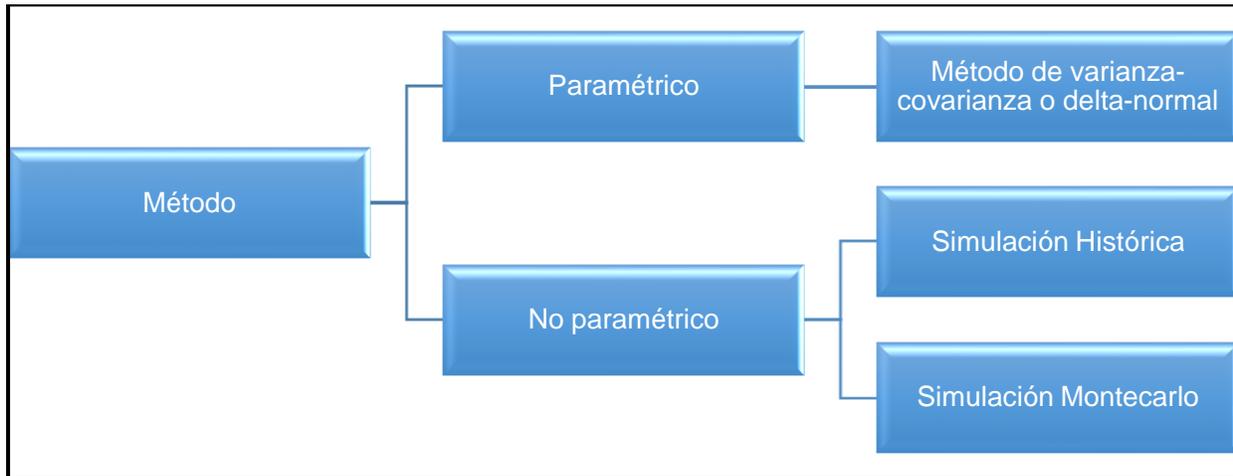
- ✓ Su estimación puede ser expresada en pesos, lo que permite homogeneizar y comparar las diferentes posiciones de riesgo que toma una institución financiera.
- ✓ Los inversionistas lo emplean para controlar riesgos financieros.
- ✓ El riesgo de un portafolio está directamente relacionado con el comportamiento de las variables de mercado y este método las contempla.
- ✓ Fue creado para evitar desastres financieros.
- ✓ La correcta estimación del riesgo contribuye a facilitar la toma de decisiones en las empresas y evitar costos asociados a una inadecuada valoración de riesgos.

1.2.2. Metodologías para el cálculo del VaR.

Los enfoques para obtener el VaR se dividen en dos grupos; en primer lugar, encontramos el *método paramétrico o valuación local* que consiste en medir el riesgo valuando la cartera una sola vez en su posición inicial, posteriormente, usa derivadas parciales para obtener los posibles cambios. En segundo lugar, están los *métodos no paramétricos o valuación completa*, donde se valúa el portafolio en todo el rango de posibles escenarios que puedan ocurrir (Contreras & Lamothe, 2008).

Debido al gran alcance del VaR han surgido muchos métodos; sin embargo, existen tres metodologías que adquirieron mayor difusión y hasta ahora son las más empleadas (véase diagrama IV).

Diagrama IV. Metodologías para calcular el VaR.



Fuente: Elaboración propia con base en Castillo Carranco (2011).

Las tres formas son muy utilizadas por empresas financieras y no financieras, aunque no se tiene definido cuál de estas es la mejor, ya que cada una tiene sus ventajas y desventajas.

Varianza-covarianza o Delta-Normal: El supuesto principal es que los rendimientos de los activos se comportan acorde con la distribución de probabilidad normal y supone linealidad en el valor de los activos. Sin embargo, en la práctica se ha observado que la mayoría de los activos no siguen un comportamiento estrictamente normal, por lo tanto, los resultados que se obtienen al medir el VaR suponiendo normalidad, generalmente subestiman el nivel de riesgo real de la cartera (Castillo Carranco, 2011).

Ventajas:

- ✓ La normalidad e independencia permiten hacer una buena aproximación, además es posible calcular el VaR con diferentes horizontes de inversión.
- ✓ Es posible realizar un análisis de sensibilidad al suponer diferentes valores de la matriz de varianza-covarianza.

- ✓ Permite analizar el riesgo y el rendimiento para hacer una asignación de capital ajustada.

Desventajas:

- ✓ El rendimiento de algunos activos financieros presenta características leptocúrticas por lo que se puede subestimar el VaR.
- ✓ Al ser una estimación local, únicamente se consideran los cambios en los factores de riesgo en torno a los niveles vigentes de la posición. Por esto, al presentarse eventos extremos, no se observarían las pérdidas reales en la estimación.
- ✓ Supone que las relaciones entre los factores de riesgos y los cambios del portafolio son lineales.

Simulación Histórica: Asume que el pasado puede representar el futuro inmediato, por ello, esta metodología consiste en utilizar series históricas del precio de los activos en riesgo (portafolio), para construir nuevas con los precios y/o rendimientos simulados de estos. Los datos históricos deben contemplar un rango de 250 a 500 datos, ya que un periodo menor no estaría incluyendo ciertos escenarios. El método tiene buena aceptación porque no se basa en supuestos de correlaciones y volatilidades que en situaciones de movimientos extremos en los mercados pudieran no cumplirse (Malagón Bolaños, 2010).

Ventajas:

- ✓ Sencillo de implementar, intuitivo y fácil de explicar.
- ✓ Toma en cuenta la no linealidad y no necesita hacer supuestos de distribuciones de probabilidad.
- ✓ Es aplicable en activos con comportamiento no lineal.
- ✓ Permite agregar más riesgos a través de diferentes mercados (dinero, valores y divisa).

Desventajas:

- ✓ Historia suficiente: En algunas ocasiones no se cuenta con datos históricos.

- ✓ Existe la misma importancia para los datos más recientes como los más antiguos.
- ✓ Con portafolios grandes o estructuras complicadas se vuelve impráctico y computacionalmente caro.

Simulación Montecarlo: Consiste en generar de manera aleatoria, escenarios de ocurrencia de los factores de riesgo que influyen en el valor de los activos contenidos en un portafolio. Este método es aplicable a instrumentos no lineales, lo que se busca es incorporar escenarios que pudieran ocurrir, aunque no se hayan presentado antes (Contreras & Lamothe, 2008).

Ventajas:

- ✓ Permite agregar más riesgos (activos) a través de diferentes mercados (dinero, valores y divisa) al igual que la simulación histórica.
- ✓ Captura la no linealidad.
- ✓ La exactitud de las estimaciones es mayor, a diferencia de otros modelos.
- ✓ La estimación se puede ejecutar con diferentes horizontes de inversión.

Desventajas:

- ✓ Es el método analítico “más completo para medir los riesgos financieros, sin embargo, implica inversiones costosas en recursos intelectuales y de sistemas” (Castillo Carranco, 2011, p. 60).

1.2.2.1. Comparación de las metodologías para calcular el VaR.

Como se mencionó antes, no existe un método que por excelencia sea el mejor, por ello, este debe ser seleccionado dependiendo de los aspectos con mayor importancia.

La velocidad para obtener el resultado es importante cuando se tiene una cartera grande y se expone a muchos factores de riesgo; es aquí donde el enfoque de valuación local (Delta - Normal) es el más apropiado. Aunque, si el portafolio está conformado por contratos no lineales la valuación completa (Histórica y Montecarlo) es preferible, pues permite mejorar la precisión al calcular el VaR, pero a costa de una mayor lentitud. La exactitud es indispensable si la cartera tiene componentes no lineales.

Los métodos de simulación trabajan bien independientemente de la presencia de activos no lineales, porque estos recalculan los valores de mercado para cada escenario de los factores de riesgo. Debido a esto el procedimiento de varianza – covarianza se descarta; además, al suponer linealidad esta técnica no es óptima porque los rendimientos de los instrumentos no se comportan de esta manera.

Otro de los elementos a considerar, es el potencial que tienen los enfoques para capturar el riesgo, de acuerdo con las descripciones anteriores podemos decir que los mejores métodos son el Histórico y el Montecarlo. El método de simulación Histórica es más fácil de implementar, ya que, sólo se requiere obtener la historia de los factores de riesgo y el modelo puede desarrollarse sin dificultades en una hoja de cálculo de Excel.

En contraste, la simulación Montecarlo requiere datos históricos y un modelamiento computacional; por esta razón es esencial contar con un software adecuado como: Matlab, Visual Basic, VBA Excel, Risk, u otro; o una buena programación para llevar a cabo este método. (Contreras & Lamothe, 2008).

Los enfoques de simulación Histórica y Montecarlo difieren en la confiabilidad de los resultados y en su facilidad de implementación. Indiscutiblemente la fiabilidad en la estimación es primordial, por esta razón se descarta la simulación Histórica. Otro de los motivos para rechazarlo es su premisa: el pasado puede representar el futuro inmediato; debido a que el futuro tiene un comportamiento aleatorio. Además, el procedimiento se vuelve complejo al tener un portafolio con muchos activos.

En conclusión, se elige el método de simulación Montecarlo como el óptimo para obtener el VaR; pues Sánchez Cerón (2001) menciona que la exactitud en la estimación es mayor que en otros modelos. Asimismo, el enfoque permite incluir varios instrumentos financieros e incorporar la aleatoriedad al comportamiento de los factores de riesgo.

1.2.3. Método de Simulación Montecarlo.

En un concepto muy generalizado, el método de Montecarlo es una técnica de análisis numérico basado en el uso de secuencias de números aleatorios para muestrear los valores de las variables de probabilidad de un problema determinado (N. Alonso, 2018). Una definición más afín al sector financiero es la que presenta Castillo Carranco (2011):

La simulación Montecarlo consiste en aproximar el comportamiento de los precios de activos financieros, utilizando simulaciones en computadora para generar caminatas aleatorias de los precios. El Montecarlo estructurado se utiliza para simular varios escenarios sobre el valor que podría tomar el portafolio en una fecha objetivo. Este es el método analítico más completo para medir los riesgos financieros. (p. 60)

1.2.3.1. Historia.

La idea del método Montecarlo comenzó antes de la aparición de las computadoras y era conocido como *muestreo probabilístico*, en sus inicios fue empleado para evaluar integrales complejas. Después, con la llegada de las máquinas mecánicas a finales del Siglo XIX, se lograron realizar operaciones aritméticas las cuales dieron pauta a aplicar este tipo de muestreo en problemas de física (N. Alonso, 2018).

Posteriormente, alrededor de 1862 es cuando se le nombra Montecarlo en evocación al famoso casino de Mónaco, esto debido a que el juego de la ruleta es considerado como el primer generador de números aleatorios (Castillo Carranco, 2011). Más tarde en 1901, según menciona Grijalva Yauri (2009), William Thomson dio a conocer la primera aplicación de la simulación Montecarlo en su trabajo sobre el movimiento y colisión de las moléculas de gas. Luego, en el año de 1930 se planteó una aplicación real del método en el proyecto de difusión de neutrones elaborado por Enrico Fermi.

Sin embargo, muchos autores asocian el inicio del método a Stanislaw Ulam y John Von Neumann en el año de 1944; durante su investigación sobre la bomba atómica cuando investigaban el movimiento aleatorio de los neutrones (Grijalva Yauri, 2009). Más tarde, Neumann aplicó la simulación para resolver problemas complejos que no podían ser

resueltos de manera analítica. Finalmente, en 1970 los avances computacionales proporcionaron mayor precisión al uso del método Montecarlo.

1.2.3.2. Importancia.

La simulación es ampliamente aceptada en el mundo de los negocios para predecir, explicar y ayudar a identificar las soluciones óptimas. Es una técnica utilizada en diferentes campos como: finanzas, gestión de proyectos, energía, manufactura, ingeniería, investigación y desarrollo, seguros, petróleo y gas, transporte, medio ambiente, diseño de reactores nucleares, exploración de pozos petrolíferos, mecánica cuántica y econometría. Además, es muy útil para modelar el comportamiento de activos financieros que carecen de información histórica o para los que siguen distribuciones muy diferentes a la normal (Ross, 1999).

Además, la simulación por computadora permite imitar características y comportamientos de un sistema real, esto se logra “mediante el uso de las distribuciones de probabilidad correspondientes para generar en forma aleatoria los diversos eventos que ocurren en el sistema” (Azofeifa, 2017, p. 99); un suceso aleatorio es un conjunto de resultados que se producen con cierta probabilidad. En este enunciado se refleja la asertividad de solucionar el problema a través del método de simulación Montecarlo.

Retomando la mayor desventaja de emplear ese enfoque esta: implica inversiones costosas en recursos intelectuales y de sistemas, pero como se muestra en los antecedentes esto disminuyó debido a la invención de la computadora. Actualmente gracias a la existencia de varios softwares el costo y la sencillez de efectuar una simulación se vuelve fácil y económica; esto se demostrará al crear el modelo en VBA Excel.

1.2.3.3. Procedimiento.

Para encontrar el VaR por medio del método de simulación Montecarlo se deben seguir los siguientes pasos:

1) *Identificar los Factores de Riesgo.*

Son todas aquellas variables aleatorias que influyen en la determinación del precio de un activo financiero. Es necesario considerar que los factores de riesgo serán diferentes de acuerdo con cada tipo de instrumento (Sánchez Cerón, 2001); por ejemplo, el factor una acción es su propio precio, en cambio, si tenemos instrumentos de deuda los factores pueden ser: Tasa de Fondeo Bancario (TFB), Tasa Devengada, Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE), sobretasa, entre otros.

Aquí es importante asegurarse de contemplar todas las variables que influyen en las desviaciones del precio de los instrumentos; ya que, al no considerar alguna los cálculos obtenidos podrían ser erróneos.

2) *Calcular los rendimientos de los Factores de Riesgo.*

El rendimiento es la variación del precio de un activo en un periodo, con respecto a su valor inicial. Es elemental calcularlo porque permite conocer si los instrumentos se están comportando como una “*caminata aleatoria*, es decir, que el precio de una acción hoy es independiente de los observados en días anteriores” (De Lara Haro, 2015, p. 25). La fórmula para obtenerlo es:

$$R_t = \text{Ln} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

Donde:

R_t = *Rendimiento.*

P_t = *Precio actual o base.*

P_{t-1} = *Precio inicial o del periodo anterior.*

3) *Generar la Matriz de Varianza – Covarianza.*

Esta matriz de varianza-covarianza es una medida de dispersión, ayuda a entender la variabilidad y las relaciones lineales entre las variables; por medio de la varianza y

covarianza. Los elementos de la diagonal contienen las varianzas, mientras que los elementos fuera de la diagonal son las covarianzas.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & cov(1,2) \dots & cov(1,n) \\ cov(2,1) & \sigma_2^2 \ddots & cov(2,n) \\ cov(n,1) & cov(n,2) \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix}$$

Como se puede observar, antes de generar la matriz es indispensable contar con la media, desviación estándar, varianzas y covarianzas de los factores de riesgo; sus ecuaciones son las siguientes:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}$$

Media

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \mu)^2}{n - 1}}$$

Desviación estándar

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \mu)^2}{n - 1}$$

Varianza

$$COV(R_i, R_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [R_i - \mu_i] [R_j - \mu_j]$$

Covarianza

Al conocer estos estadísticos podemos entender más características del comportamiento de los instrumentos, por ejemplo: la media representa el rendimiento promedio. La desviación estándar hace referencia a la volatilidad de los factores de riesgo, debido a que nos permite determinar el promedio aritmético de fluctuación de los datos respecto a su media. La volatilidad es la medida de dispersión de los rendimientos con respecto al promedio de estos en un periodo determinado. Otro estadístico necesario es la varianza, la cual nos permite identificar la diferencia promedio elevada al cuadrado, que hay entre cada uno de los datos respecto a su media.

Luego, se calcula la covarianza para saber si existe relación entre los factores de riesgo y en caso de querer interpretar mejor la relación entre las variables, se sugiere estimar la correlación; ya que, esta varía en un rango de -1 a +1. Una vez obtenidas estas medidas es posible realizar la matriz.

$$\text{Corr}(R_i, R_j) = \frac{\text{COV}(R_i, R_j)}{\sigma_i \sigma_j}$$

Correlación

4) Matriz de Cholesky.

Una vez que se generó la matriz de varianza - covarianza se aplica la descomposición de Cholesky, lo que hace es transformar “N” variables aleatorias independientes en “n” cambios correlacionados de los factores de riesgo (Sánchez Cerón, 2001). La generación de la matriz de Cholesky se efectúa de acuerdo con las fórmulas:

$$a_{ii} = \left[\sigma_{ii} - \left[\sum_{k=1}^{i-1} a_{ik}^2 \right] \right]^{\frac{1}{2}} \rightarrow \text{Para los elementos de la diagonal.}$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ij}} \left[\sigma_{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} a_{ik} * a_{i-1-k} \right] \rightarrow \text{Para el resto de los elementos de la matriz.}$$

Para aplicar la matriz de Cholesky, la matriz de varianza - covarianza debe ser definida positiva; es decir, que todos los *menores de la matriz* sean positivos. Si la matriz de varianza - covarianza no es definida positiva, probablemente la matriz incluye dos factores de riesgo perfectamente correlacionados (en cuyo caso el determinante será cero), o bien puede ser que las volatilidades y correlaciones se obtuvieron con series de tiempo de diferente longitud (De Lara Haro, 2015).

5) Generación de Aleatorios.

Aquí se genera una matriz X de 10,000 números aleatorios con distribución normal N[0,1]. Para normalizar los números aleatorios una opción es utilizar el método de Box - Muller, donde:

$$x_1 = \sqrt{-2 \ln U_1} * \cos(2\pi U_2)$$

$$x_2 = \sqrt{-2 \ln U_1} * \sin(2\pi U_2)$$

Donde:

x_1 = Valor del número aleatorio para el primer instrumento.

x_2 = Valor del número aleatorio para el segundo instrumento.

U_1 y U_2 = Son dos números aleatorios con distribución $U[0,1]$.

No obstante, la metodología de Box – Muller sólo funciona cuando el portafolio tiene dos activos; afortunadamente ahora la mayoría de los programas cuentan con una función que genera números aleatorios distribuidos normalmente (Castillo Carranco, 2011).

6) Generación de los Rendimientos Normales Multivariados.

La Matriz de Cholesky (paso 4) se premultiplica por la matriz de variables aleatorias (paso 5), con la finalidad de obtener los rendimientos multivariados de los factores de riesgo (Sánchez Cerón, 2001).

7) Factores Simulados.

La determinación de los factores simulados según De Lara Haro (2015), depende del valor obtenido (paso 6) en el periodo inmediato anterior de manera sucesiva; esto se resume en la siguiente fórmula:

$$\text{Factor simulado}_n = (1 + \text{Rendimiento simulado}_n)(\text{Factor de riesgo}_{n-1})$$

8) Precios Sucios Simulados.

Los precios sucios se calculan según la particularidad de cada instrumento. La valuación se realiza acorde al *prospecto* de cada activo, en este documento se indican las fórmulas y tasas a usar para encontrar el precio.

9) *Pérdidas y Ganancias “P&L”.*

Con los precios simulados y el número de títulos, se generan las pérdidas y ganancias:

$$P\&L_n = (\text{Precio simulado}_n - \text{Valor de la última cotización del instrumento}) \\ * \text{Número de títulos}$$

10) *Pérdidas y Ganancias Totales “P&L Total”.*

Mejor conocido como el vector de pérdidas y ganancias del portafolio, aquí únicamente se hace la suma de pérdidas y ganancias de cada instrumento (paso 9) para crear un P&L único.

11) *Obtener el valor en riesgo.*

Se obtiene al calcular el percentil correspondiente de las P&L Total (paso 10), la obtención es sencilla derivado de que actualmente la mayoría de los softwares cuentan con una función definida para ejecutar esta tarea.

1.3. Teoría de modelos y simulación.

Después de conocer la importancia del VaR en la toma de decisiones que implican riesgo y de saber que hay un área encargada de medirlos y gestionar medidas preventivas, es necesario saber cómo determinarlas.

Al respecto, Tarifa (2001) refiere que cuando alguien tiene la responsabilidad de conducir un sistema y debe tomar continuamente decisiones acerca de acciones a ejecutar en este, las medidas deben satisfacer de la mejor manera la conducta del sistema; para así lograr los objetivos planteados. Por ello, es necesario anticipar cómo responderá este ante determinada acción. Al realizar una analogía de esa afirmación con el problema de estudio, se deduce que se requiere conocer la respuesta de un sistema, dado que el objetivo del presente es determinar el VaR de un portafolio.

Tarifa (2001) también menciona que para conocer la respuesta se puede experimentar con el sistema real, pero eso implica costos y seguridad; una alternativa ante estos

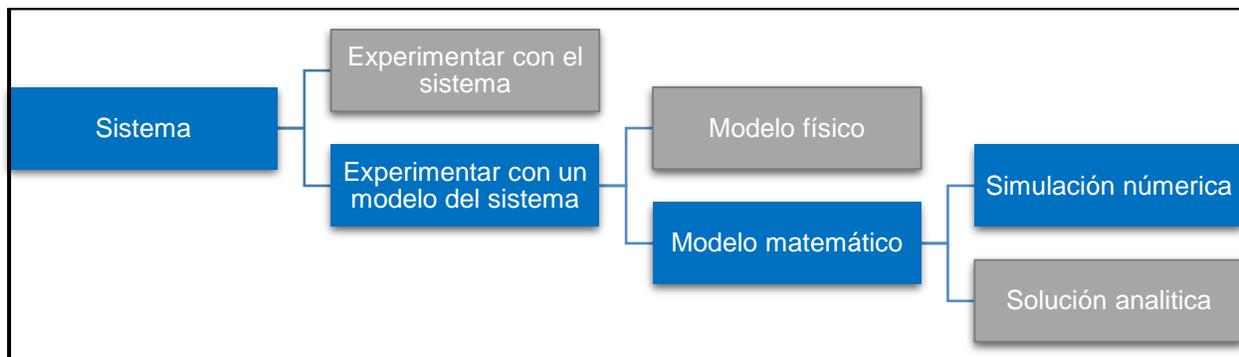
inconvenientes es reemplazarlo por una versión simplificada. Al sistema simplificado se le denomina modelo y es una de las herramientas a la que más recurren los administradores de riesgo.

Para entender mejor es importante conocer los conceptos:

- ✓ *Sistema*: Porción del universo que será objeto de estudio en la simulación. Se define también como el conjunto de objetos o ideas interrelacionadas entre sí como una unidad para la consecución de un fin (Shannon, 1988).
- ✓ *Modelo*: Minsky lo define como “un objeto X es un modelo del objeto Y para el observador Z, si Z puede emplear X para responder cuestiones que le interesan acerca de Y” (citado textualmente por Tarifa, 2001, p.1). En otras palabras, es la representación simplificada de un sistema, elaborado para comprender, predecir y controlar el comportamiento de este.
- ✓ *Simulación*: Proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias en él, con la finalidad de aprender sobre su comportamiento (Shannon, 1988).

Por consiguiente, la relación de estos tres conceptos se resume en: para poder estudiar un sistema se descompone en una versión más simple, es decir, un modelo y al proceso de experimentar con él se le nombra simulación. El diagrama V muestra las diferentes formas de analizar un sistema.

Diagrama V. Maneras de estudiar un sistema.



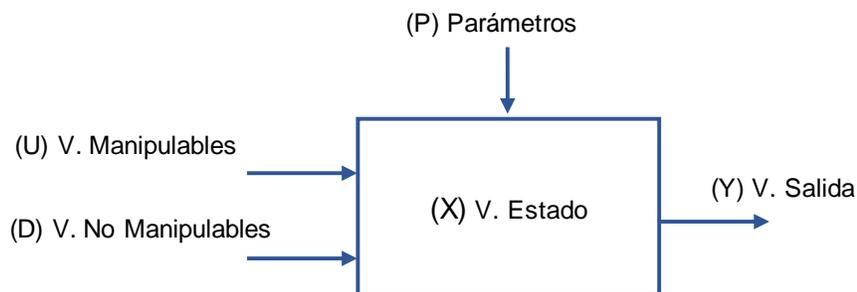
Fuente: Elaboración propia con base en García Sánchez & Ortega Mier (2006).

1.3.1. Sistema.

Es un conjunto de *entidades* que interactúan entre sí para alcanza un fin lógico. Un sistema puede realizar una función que no es realizable por sus componentes individuales. La entidad es el conjunto de componentes u objetos con propiedades denominadas *atributos* relacionados a través de relaciones o funciones. Los atributos son *variables* o *parámetros* fijados durante el diseño del sistema, se clasifican en (García Fulgencio, 2017):

- ✓ Variables de entrada o exógenas: Son dadas por el medio ambiente del sistema, pueden ser manipulables (U), se fijan a voluntad o no. Se le conoce como perturbación a la variable que no es manipulable (D).
- ✓ Variables de salida (Y): Son las variables de estado o combinación de ellas que son medidas o traspasan la frontera del sistema.
- ✓ Variables internas: Dichas variables del sistema no son de entrada, ni de salida, ni parámetros.
- ✓ Variables de estado (X): Conforman el conjunto mínimo de variables internas del sistema necesarias para describir completamente su estado interno.

Diagrama VI. Atributos del sistema.



Fuente: Elaboración propia con base en García Fulgencio (2017).

Los valores asumidos por los atributos de las entidades en cierto momento determinan el estado del sistema; el cual, es el conjunto mínimo de variables que describen un sistema en un momento determinado con relación a su objeto de estudio. Los sistemas se pueden clasificar conforme a su estado en (Tarifa, 2001):

- ✓ Continuo: Cuando las relaciones funcionales entre las variables del sistema sólo permiten que el estado evolucione en el tiempo de forma continua. Aquí las variables (X) cambian de manera continua con el tiempo.
- ✓ Discreto: Cuando las relaciones funcionales del sistema sólo permiten que el estado varíe en un conjunto finito (contable) de puntos temporales. Aquí las variables (X) cambian en ciertos instantes de tiempo.

1.3.2. Modelo.

Es la representación de un sistema, objeto o idea, de forma simple y diferente. En el diagrama V se puede observar que existen dos tipos de modelos (García Sánchez & Ortega Mier, 2006):

1. Los físicos están formados por una estructura material con características similares a las del sistema real, por ejemplo: maquetas a escala o modelos analógicos.
2. Los matemáticos representan el sistema real por medio de relaciones lógicas y cuantitativas entre sus variables de estado; por ello, puede existir un cambio en el valor de las variables y las relaciones de estas. De ahí que es posible estudiar la reacción del sistema mediante los modelos matemáticos.

Modelar es el proceso de analizar un problema, resumir sus características esenciales, seleccionar y modificar las suposiciones básicas que caracterizan al sistema, enriquecer y elaborar un modelo hasta obtener una aproximación útil. Existen diversas reglas para desarrollar modelos, Tarifa (2001) sugiere los siguientes pasos:

1. Establecer objetivos.
2. Analizar el sistema real.
3. Dividir el problema del sistema en problemas simples.
4. Buscar analogías.
5. Considerar un ejemplo numérico específico del problema.
6. Determinar las variables de interés.
7. Escribir los datos obvios.

8. Escribir las ecuaciones teóricas o empíricas que describen los fenómenos presentes y relacionan las variables de interés.
9. Si se tiene un modelo manejable, se debe enriquecer o simplificar.

La simplificación consiste en convertir variables en constantes, eliminar o combinar variables, suponer linealidad, agregar más suposiciones o restricciones a los límites del sistema. En cambio, para enriquecerlo durante la construcción se debe cuidar el equilibrio entre el grado de detalle y el riesgo en la falta de exactitud.

El mejor modelo es, el que siendo el más simple puede resolver determinado problema con el grado de exactitud requerido. Por ello, estos deben contar con ciertas características (García Fulgencio, 2017):

1. Fácil de entender para el usuario.
2. Dirigido a metas u objetivos.
3. Sensato, en cuanto a no dar respuestas absurdas.
4. Fácil de manipular y controlar por parte del usuario; es decir, debe ser sencillo comunicarse con el modelo.
5. Completo, en lo referente a asuntos importantes.
6. Adaptable, con un sencillo procedimiento se logra modificar o actualizar el modelo.
7. Evolutivo, debe ser sencillo al principio y volverse más complejo con el tiempo.

Para convertir un sistema en un modelo matemático se consideran cuatro etapas:

1. Especificación del propósito del modelo.
2. Especificación de los componentes que se incluirán en el modelo.
3. Especificación de los parámetros y variables asociadas a los componentes.
4. Especificación de las relaciones funcionales entre los componentes, parámetros y variables.

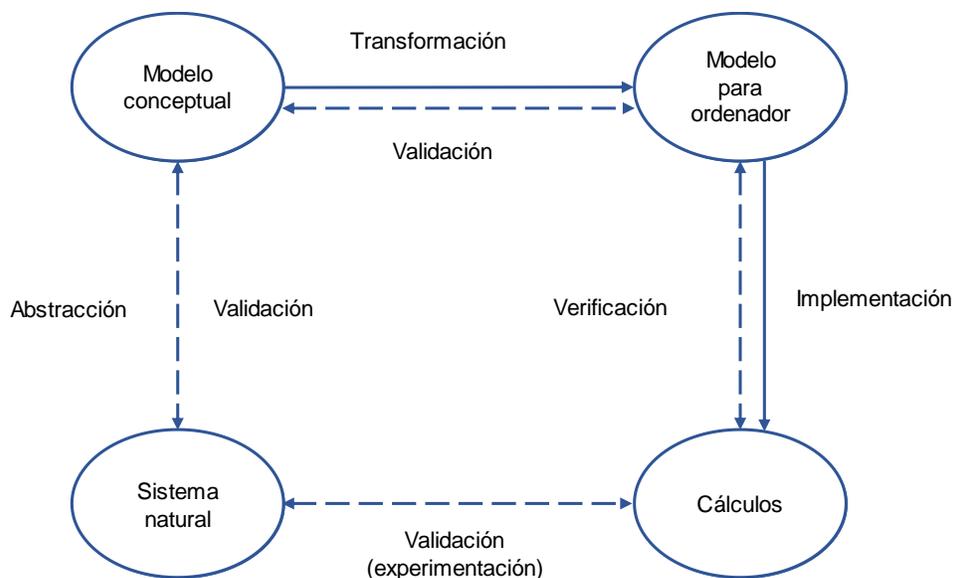
En definitiva, si se plantea un modelo matemático sencillo este se resuelve analíticamente y la solución es exacta. Por el contrario, si es complejo se debe recurrir a la simulación, que consiste en proporcionar una serie de valores a determinadas variables de estado, para calcular los valores del resto de estas (véase diagrama V).

1.3.2.1. Construcción de un modelo.

Para construir el modelo es necesario (Shannon, 1988):

1. Analizar el sistema a través de un modelo, esto implica que la estructura del modelo sea manipulable.
2. Determinar un modelo conceptual como la representación lógica aproximada del sistema real, este constituye una abstracción simplificada del mismo.
3. Identificar las principales entidades y atributos que caracterizan el sistema.
4. Reconocer las reglas que gobiernan el sistema.
5. Percibir las interacciones lógicas del sistema.
6. Verificar que las reglas incorporadas al modelo sean una representación valida del sistema.
7. Formular una hipótesis de modelización, su función es traducir la información sobre el sistema, las relaciones entre variables y su papel en los cambios de estado de una manera adecuada.
8. Representar el comportamiento aleatorio, inerte a los comportamientos del sistema que lo exhiben.

Diagrama VII. Construcción del modelo.



Fuente: Elaboración propia con base en Shannon (1988).

En la construcción del modelo es posible combinar los siguientes elementos (Tarifa, 2001):

- ✓ Componentes: Son los elementos o subsistemas que en conjunto constituyen el sistema.
- ✓ Variables: Toman los valores permitidos por la forma de la función. Existen dos tipos las exógenas o independientes que surgen por causas externas, y las endógenas o dependientes que surgen dentro del problema.
- ✓ Parámetros: Pueden tomar valores arbitrarios.
- ✓ Relaciones o funciones: Describen el comportamiento de las variables y los parámetros dentro de los componentes de un sistema. Pueden ser determinísticas, es decir, una salida es determinada por una entrada. O estocásticas, donde la salida es indefinida por una entrada.
- ✓ Restricciones: Limitaciones impuestas a los valores de las variables o la manera en la cual los recursos se asignan o se consumen. Pueden ser autoimpuestas por el diseñador o impuestas por el sistema mediante la naturaleza de este.
- ✓ Funciones de objetivo: Es una definición explícita de los objetivos del sistema y la manera de evaluarlos.

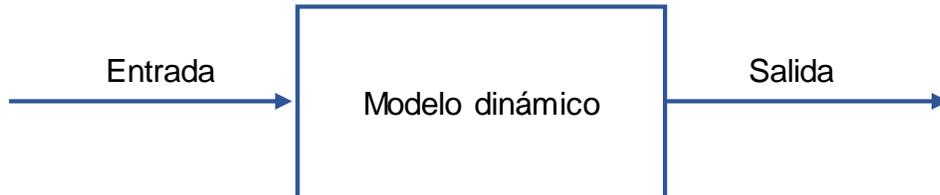
1.3.2.2. Componentes del modelo.

Los componentes de un modelo están determinados por tres entidades: entrada, sistema y respuesta. Es necesario conocer al menos dos de los tres elementos para que el modelo tenga solución, se pueden dar los siguientes casos (Ross, 1999):

1. Cuando se conocen las ecuaciones que describen el sistema y se necesitan conseguir las salidas a partir de las entradas dadas (es el caso más sencillo de modelar).
2. Cuando se conocen las ecuaciones que describen el sistema y se necesita una salida deseada, el problema es conseguir las entradas necesarias para producir dicha respuesta; estos casos se clasifican en problemas de control.

3. Cuando se conocen las entradas y las salidas, se debe conseguir la descripción matemática del sistema. A este caso se le conoce como: problema de identificación de estructura.

Diagrama VIII. Los componentes del modelo.

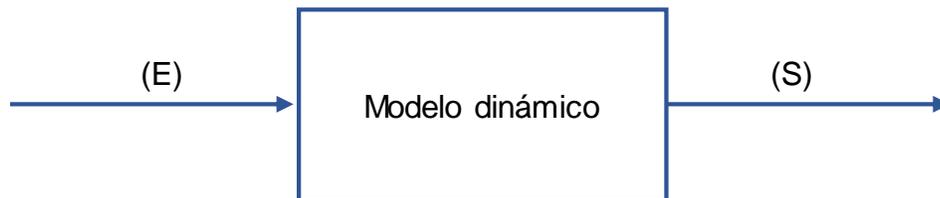


Fuente: Elaboración propia con base en Ross (1999).

En general, los componentes convierten entradas en salidas clasificándose de la siguiente forma (Ross, 1999):

- ✓ Elementos de transformación: Se opera sobre una o más entradas, y de alguna manera estas se transforman en una o más salidas.

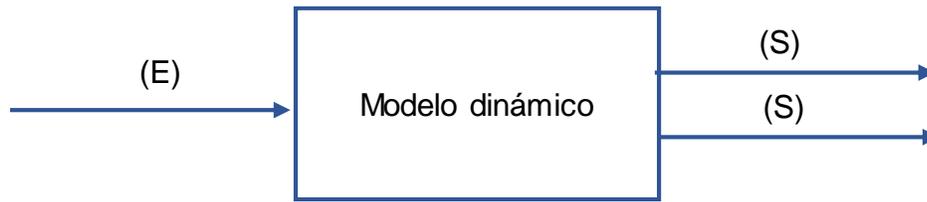
Diagrama IX. Elementos de transformación.



Fuente: Elaboración propia con base en Ross (1999).

- ✓ Elementos de clasificación: Se separan o clasifican, una o más entradas en dos o más salidas diferentes.

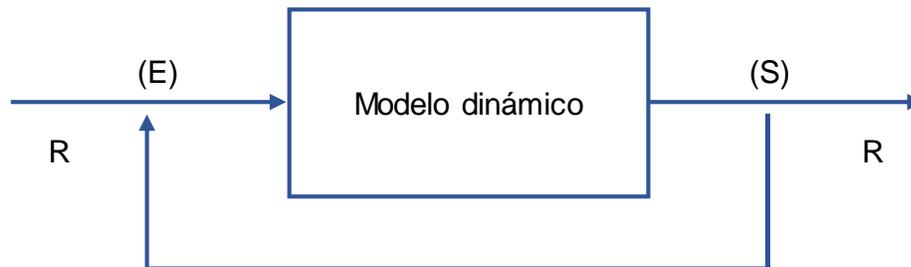
Diagrama X. Elementos de clasificación.



Fuente: Elaboración propia con base en Ross (1999).

- ✓ Elementos de retroalimentación: Se modifica la entrada de algún modo como una función de salida.

Diagrama XI. Elementos de retroalimentación.



Fuente: Elaboración propia con base en Ross (1999).

1.3.3. Simulación.

Es la construcción de modelos que describen la parte esencial del comportamiento de un sistema, así como diseñar y efectuar experimentos con el modelo para extraer conclusiones de los resultados. Fishman (1978), afirma que la simulación es conveniente cuando no existe una formulación matemática analíticamente resoluble.

A pesar de la gran ayuda que brinda el poder simular, se deben tener presentes las posibles desventajas que implica este proceso (Tarifa, 2001).

- ✓ El desarrollo del modelo puede ser costoso, laborioso y lento.
- ✓ Existe la posibilidad de cometer errores. No se debe olvidar que la experimentación se lleva a cabo con una versión simplificada del sistema y no con

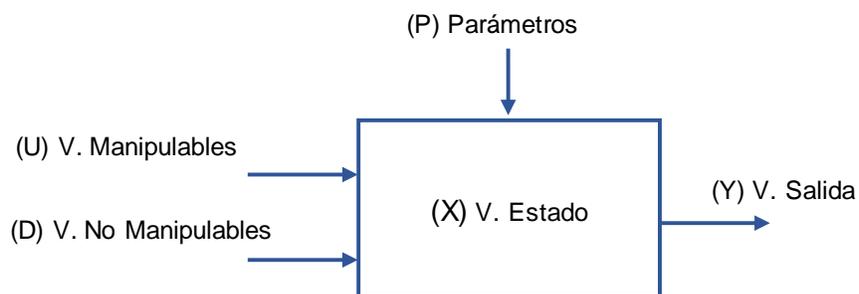
real; entonces, si el modelo está mal o se comenten errores en su manejo, los resultados serán incorrectos.

- ✓ No se puede conocer el grado de imprecisión en los resultados. Por lo general, el modelo se utiliza para experimentar situaciones nunca planteadas en el sistema real; por lo tanto, no existe información previa para estimar el grado de correspondencia entre la respuesta del modelo y la del sistema real.

Hay diversas formas de simular, las cuales son determinadas por las variables de salida del modelo, estas son:

- ✓ Análisis: Donde (Y) representan las (Y) del sistema real, es decir, se estima la respuesta ante entradas (U o D) específicas. Debido a que imita un sistema que realmente funciona, por lo que, el modelo es matemáticamente más estable y asegura la existencia de solución.

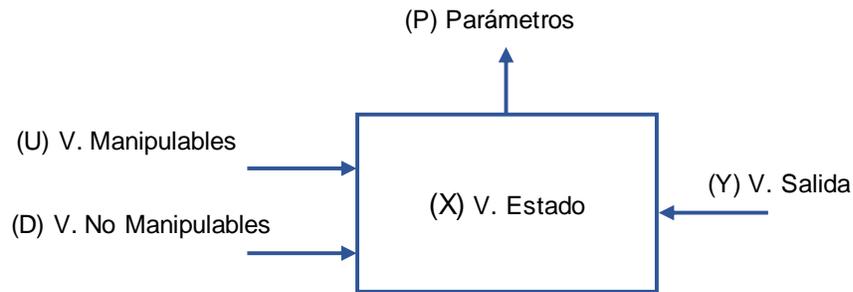
Diagrama XII. Modelo de análisis.



Fuente: Elaboración propia con base en García Fulgencio (2017).

- ✓ Diseño: Las (Y) representan los (P) del sistema real. El problema es determinar los parámetros, para los cuales el sistema producirá las salidas deseadas ante las entradas especificadas.

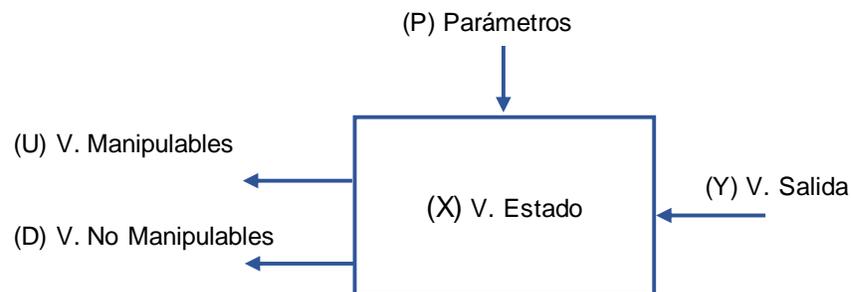
Diagrama XIII. Modelo de diseño.



Fuente: Elaboración propia con base en García Fulgencio (2017).

- ✓ Control: Las (Y) representan las (U o D) del sistema real. Sirven para determinar los valores que deberán adoptar las entradas para producir los resultados deseados. Se utiliza cuando se desea determinar las condiciones de operación del sistema.

Diagrama XIV. Modelo de control.



Fuente: Elaboración propia con base en García Fulgencio (2017).

1.3.3.1. Tipos de simulación.

Fishman (1978), determina los tipos de simulación de acuerdo con la naturaleza del modelo empleado en:

- ✓ Identidad: El modelo es una réplica exacta del sistema en estudio.
- ✓ Cuasi-identidad: Se utiliza una versión ligeramente simplificada del sistema real.
- ✓ Laboratorio: Se utilizan modelos bajo condiciones controladas de un laboratorio.

Hay dos tipos:

- Juego operacional: Las personas compiten entre ellas y forman parte del modelo, la otra parte consiste en computadoras, maquinaria, etc. La computadora se limita a recolectar información y presentarla de manera ordenada.
- Hombre-máquina: Se estudia la relación entre las personas y la máquina. Las personas también forman parte del modelo. La computadora no sólo se limita a recolectar información, sino también la genera.
- ✓ Simulación por computadora: “Es completamente simbólico y está implementado en un lenguaje computacional. Las personas quedan excluidas del modelo” (Tarifa, 2001, p. 3). Este tipo de simulación se compone de las siguientes partes:
 - Modelo: Puede ser simbólico, estadístico o un conjunto de ecuaciones o reglas lógicas.
 - Evaluador: Conjunto de procedimientos que ejecutará el modelo para obtener los resultados de la simulación, es posible incluir rutinas para la resolución de sistemas de ecuaciones, generadores de números aleatorios, rutinas estadísticas, etc.
 - Interfaz: Es la parte dedicada a interactuar con el usuario, recibe las acciones de este y presenta los resultados de la simulación de forma adecuada.

1.3.3.2. Etapas de la simulación.

El desarrollo de la simulación se da mediante las siguientes etapas (Banks, Carson, & Nelson, 1996):

1. *Formulación del problema*: Se explican claramente los objetivos de la simulación. El cliente y el desarrollador deben definir: los resultados que desean obtener, plan de experimentación, tiempo disponible, variables de interés, tipo de perturbaciones a estudiar, tratamiento estadístico de los resultados, complejidad de la interfaz, entre otras. Se debe establecer si el simulador será operado por el usuario o si el este simplemente recibirá los resultados. “Es necesario estipular si se solicita un trabajo de simulación o de optimización” (Tarifa, 2001, p. 7).

2. *Definición del sistema:* Aquí se define perfectamente el sistema a estudiar. El cliente y el desarrollador deben acordar donde estará la frontera del sistema y las interacciones con el medio ambiente que serán consideradas.
3. *Formulación del modelo:* Comienza con el desarrollo de un modelo simple que captura los aspectos relevantes del sistema real, los cuales dependen de la formulación del problema. El modelo simple se irá enriqueciendo como resultado de varias iteraciones.
4. *Colección de datos:* La cantidad de datos se determina en la formulación del problema y del modelo; pueden ser provistos por registros históricos, experimentos de laboratorio o mediciones realizadas en el sistema real, estos deberán ser procesados adecuadamente para darles el formato exigido por el modelo.
5. *Implementación del modelo en la computadora:* El modelo es elaborado en algún lenguaje de programación. Existen softwares específicos de simulación que facilitan esta tarea, además, algunos cuentan con modelos creados para estos casos.
6. *Verificación:* Se comprueba que no hayan existido errores durante la implementación del modelo.
7. *Validación:* Se verifica la exactitud del modelo desarrollado. Esto se hace comparando las predicciones de este, con las mediciones del sistema real, datos históricos o datos de sistemas similares. Como resultado puede surgir la necesidad de modificar el modelo o recolectar datos adicionales.
8. *Diseño de experimentos:* Se deciden las características del experimento, es decir, el tiempo de arranque, tiempo de simulación y el número de simulaciones. Es importante recalcar que “no se debe incluir aquí la elaboración del conjunto de alternativas a probar para seleccionar la mejor, la elaboración de esta lista y su manejo es tarea de la optimización y no de la simulación” (Tarifa, 2001, p. 7).
9. *Experimentación:* Se realizan simulaciones de acuerdo con el diseño previo. Los resultados obtenidos son debidamente recolectados y procesados.
10. *Interpretación:* Se analiza la sensibilidad del modelo con respecto a los parámetros que tienen asociados la mayor incertidumbre. Si es necesario, se deberán recolectar datos adicionales para mejorar la estimación de los parámetros críticos.

11. *Implementación*: Se migra el modelo desarrollado a producción, es recomendable acompañar al cliente en esta etapa para evitar el mal manejo del simulador o el mal empleo de los resultados.

12. *Documentación*: Se elabora la documentación técnica y manual de uso. La documentación debe contar con una descripción detallada del modelo y de los datos, también, se debe incluir la evolución histórica de las distintas etapas de desarrollo. Documentar es útil para el posterior perfeccionamiento del simulador.

1.3.3.3. Modelos de simulación.

Podemos denominar al modelo con el que se experimenta: modelo de simulación. La estructura matemática de este se define como (García Fulgencio, 2017):

$$E = f(x_i, y_j)$$

Donde:

E = Es el efecto del comportamiento del sistema.

x_i = Son las variables o parámetros que se pueden controlar.

y_j = Son las variables o parámetros que no se pueden controlar.

f = Es la relación entre "x_i" y "y_i" que dan origen a E.

Algunos de los propósitos para los que se emplean los modelos de simulación son (Tarifa, 2001):

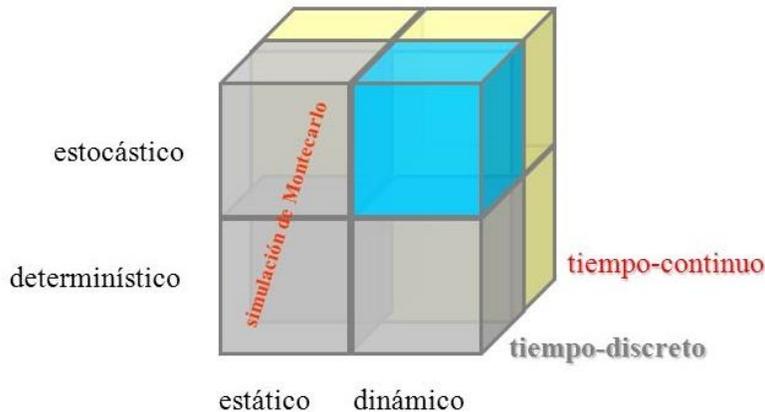
- ✓ Evaluación: Determinar la elaboración de un proyecto del sistema, el más correcto y apropiado.
- ✓ Comparación: Para tomar decisiones entre las políticas y procedimientos operativos propuestos.
- ✓ Predicción: Estimación del rendimiento del sistema.
- ✓ Análisis de sensibilidad: Determinar los factores que influyen en el rendimiento del sistema.

- ✓ Optimización: Determinar los factores que producirán la mejor respuesta.
- ✓ Relaciones funcionales: Establecer la naturaleza de la relación entre uno o más factores significativos y la respuesta del sistema.

A su vez los modelos de simulación se clasifican en (Law & Kelton, 1991):

- ✓ Determinístico: Cuando el sistema no contiene ningún elemento aleatorio. Aquí las variables de salida e internas quedan perfectamente determinadas al especificar, las de entrada, los parámetros y las de estado. Ante entradas fijas se producen las mismas salidas.
- ✓ Estocástico: Algún elemento del sistema tiene una conducta aleatoria, entonces, para las entradas conocidas no es posible asegurar los valores de salida. Las mismas entradas pueden ocasionar salidas diferentes. Contiene uno o más parámetros aleatorios (variables endógenas). Cuando un sistema determinístico es alimentado por entradas estocásticas, la respuesta es del mismo tipo.
- ✓ Estático: No se contempla el tiempo como determinante para la evolución del sistema.
- ✓ Dinámico: El tiempo si interviene en la variación de los parámetros del sistema. El estado de las variables puede cambiar mientras se realiza algún cálculo.
- ✓ Continuo: Cuando las relaciones funcionales entre las variables del sistema sólo permiten que el estado evolucione en el tiempo de forma continua.
- ✓ Discreto: Cuando las relaciones funcionales del sistema sólo permiten que el estado varíe en un conjunto finito (contable) de puntos temporales. Las causas instantáneas de los cambios de estado se denominan eventos.

Figura 2. Clasificación de los modelos de simulación



Fuente: Obtenido de Campos Salvatierra (2010).

En la figura 2 se muestra la clasificación de los modelos, adicional se puede observar que la simulación Montecarlo (propuesta como solución para determinar el VaR), abarca cuatro tipos. Su lado determinístico puede verse de dos maneras, la primera debido al supuesto: ante entradas fijas se producen las mismas salidas, y la segunda, el método Montecarlo tiene variables no aleatorias. La característica estocástica es causada por el uso de números aleatorios distribuidos de manera uniforme. Es estático porque los datos no se ven afectados por la variable tiempo y es discreto debido a que las relaciones del sistema le permiten evolucionar de manera finita.

1.4. Resumen.

El riesgo es una actividad que produce consecuencias negativas sobre todo en las inversiones. No obstante, los administradores se dedican a pronosticar el valor al que pueden ascender sus efectos, con la finalidad de crear medidas preventivas para reducir su impacto. Existen diversos tipos de riesgos; sin embargo, en este proyecto sólo se analiza el de mercado. Para medirlo se ocupa una medida estadística conocida como Valor en Riesgo (VaR).

El cálculo del VaR se puede realizar mediante diferentes metodologías, pero en este capítulo se sustenta que el enfoque más apto acorde con las necesidades del problema

de estudio es el enfoque de simulación Montecarlo. También, se da a conocer el procedimiento a seguir para hallar el VaR, por medio del método elegido.

Debido a que se quiere estudiar el VaR de un portafolio, siendo este un sistema, se establece que la mejor alternativa es crear un modelo; pues a través de él se puede experimentar para conocer los resultados que tendrá el sistema real ante determinadas situaciones. Un modelo debe ser sencillo, pero debe contener todas las características importantes del sistema a estudiar. Los tipos más comunes son los físicos y los matemáticos; sin embargo, acorde con el tema de estudio se requiere emplear el matemático, ya que permite detectar las relaciones lógicas y cualitativas de las variables involucradas en el sistema. Una vez creado el modelo se procede a efectuar experimentos sobre este; es decir, generar simulaciones para encontrar los resultados del VaR.

Después de conocer los tipos de modelos, se concluye que el más apto para resolver el problema, es un modelo de simulación por computadora; ya que satisface las características de contar con una interfaz y hace posible la inclusión de dinamismo.

CAPÍTULO 2 SOLUCIÓN PROPUESTA O IMPLEMENTADA.

“Por una buena idea te pagarían cinco centavos, por una buena implementación una fortuna.”

Peter Drucker

En este capítulo se utilizan los conocimientos aprendidos en el anterior; de modo que al igual que el primero, este se encuentra dividido en dos secciones. En la primera se explica cómo se dio la elaboración del modelo siguiendo cada una de las etapas de simulación; y en la segunda parte se detalla la manera en que se llevó a cabo el cálculo del VaR por medio del método Montecarlo.

2.1 Aplicación de las etapas de simulación en el proyecto.

Después de conocer la teoría de modelos y simulación se detectó que el problema de estudio se resuelve por medio de un modelo de simulación por computadora. A continuación, se explica cómo se implementó cada una de las etapas de simulación durante la elaboración del modelo.

2.1.1 Formulación del problema.

Esta etapa es una de las más importantes, dado que aquí se establecen los alcances y se detallan las características requeridas para evitar desvariar el proyecto de su objetivo en las siguientes fases.

La formulación del problema surgió en la introducción, donde se planteó: **crear un modelo dinámico en Excel que permita calcular el valor en riesgo de un portafolio de inversión mediante el método de simulación Montecarlo, bajo una interfaz sencilla para el usuario.**

Acorde con el problema se decidió emplear el tipo de simulación por computadora, ya que este tipo de modelo permite crear una interfaz sencilla donde el usuario sólo reciba resultados. Los componentes requeridos quedan definidos de la siguiente manera:

- ✓ Modelo: Es la parte de programación que permite dar dinamismo y realizar cálculos.
- ✓ Evaluador: Son todas las ecuaciones usadas para determinar el VaR; es decir, la metodología de simulación Montecarlo.
- ✓ Interfaz: Es el mecanismo visual creado por medio de UserForm (formularios) en Excel para que el usuario pueda interactuar con el modelo.

Es necesario recordar que el objetivo es hallar el VaR de un portafolio; es decir, se desea encontrar el componente respuesta. Para determinarlo se requiere contar con las ecuaciones que describen el sistema y las variables de entrada; en este caso, se cuenta ambas. Las ecuaciones están representadas por el componente evaluador antes mencionado y las entradas se describen en el apartado 2.1.2.

Dado que se conocen las variables de entradas y las ecuaciones del modelo, y después de ser procesadas estas se convertirán en la salida deseada (VaR), se está hablando de una transformación. Por otro lado, el modelo pertenece a la forma de simular de análisis, porque la respuesta del sistema es estimada ante determinadas entradas.

También, en la introducción se mencionó que la visión general del proyecto es que el usuario pueda experimentar con el modelo y tomar decisiones con base en los resultados arrojados. Por lo cual, los propósitos para los que será empleado el modelo son:

- ✓ Predicción: Se da de manera inversa a su definición, porque aquí se obtendrá la pérdida máxima, más no el rendimiento.
- ✓ Comparación: Es generada de manera espontánea debido a que con los resultados el usuario podrá responder preguntas como: ¿Cuál es la inversión con menos riesgo?, ¿Cuál es el instrumento más riesgoso?, ¿Qué porcentaje debo asignar al mercado de dinero para que el VaR disminuya?, etc.

Para concluir, el modelo será únicamente un trabajo de simulación, no de optimización.

2.1.2 Definición del sistema.

El sistema a estudiar es el portafolio de inversiones, sus entidades son cada uno de los instrumentos financieros que lo conforman. Los atributos son los factores de riesgo de cada instrumento, porcentaje de participación por instrumento, número de simulaciones, monto de la inversión y nivel de confianza; los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- ✓ Variables de entrada o exógenas: En este rubro encontramos el porcentaje de participación por instrumento, número de simulaciones, monto de la inversión, nivel de confianza y los cinco instrumentos; estos atributos serán elegidos por el usuario.
- ✓ Variables de salida (Y): La única variable de este tipo es el VaR.
- ✓ Variables internas: Es la información histórica de los factores de riesgo de cada instrumento financiero.

2.1.3 Formulación del modelo.

La estructura se conformará por tres formularios, el primero será el “Menú de inicio” del programa, donde se mostrará una introducción y por medio de botones se enlazará con el manual de usuario y el portafolio de inversiones.

El segundo formulario se nombrará “Portafolio de inversiones”, en este el usuario elegirá los valores de las variables de entrada, las cuales deben cumplir con las siguientes cualidades:

Monto de la inversión: Aquí no se debe permitir que existan montos menores a cero, se recomienda poner montos mayores a \$10,000 pesos para que el modelo pueda ser representativo.

Número de simulaciones: Varía en un rango de 100 a 500 con incrementos de 100 en 100.

Nivel de confianza: Se delimita esta variable en un rango de 90% a 99%; sin embargo, el nivel más usado es de 95%.

Elección de cinco instrumentos: El modelo contará con instrumentos de los tres tipos de mercado, se enumeran en seguida:

1. Mercado de divisa: Yen Japonés, Euro, Dólar Estadounidense y Dólar Canadiense.
2. Mercado de valores: Acciones de Femsa, Bimbo, Liverpool, Grupo Sanborns y Grupo Financiero Banorte.
3. Mercado de dinero
 - Certificados Bursátiles Bancarios: CSBanco14-2 y Binter14-2.
 - Bonos Gubernamentales: Se cuentan con cuatro BondesD cuyas series son: 180927, 181213, 190207 y 190411.

El usuario podrá hacer las combinaciones que desee, pero siempre respetando la condición de tener un instrumento de divisa, uno de valores y tres de dinero en su elección. Los activos de mercado de dinero a su vez se subdividen en un papel bancario y dos gubernamentales. Esta condición tiene la finalidad de lograr una verdadera diversificación en el modelo.

Porcentaje de participación por instrumento: Esta variable va de la mano con la condición anterior, aquí el porcentaje de participación se divide en los tres tipos de mercado, los cuales en conjunto suman el 100%. Como se mencionó anteriormente, el mercado de dinero se subdivide en tres instrumentos, así que el porcentaje estipulado a este se reparte entre el bancario y los dos gubernamentales. El porcentaje asignado a los gubernamentales se divide en partes iguales para ambos, esta última asignación es un proceso interno del modelo, observe el ejemplo:

Figura 3. Porcentaje de participación por mercado.

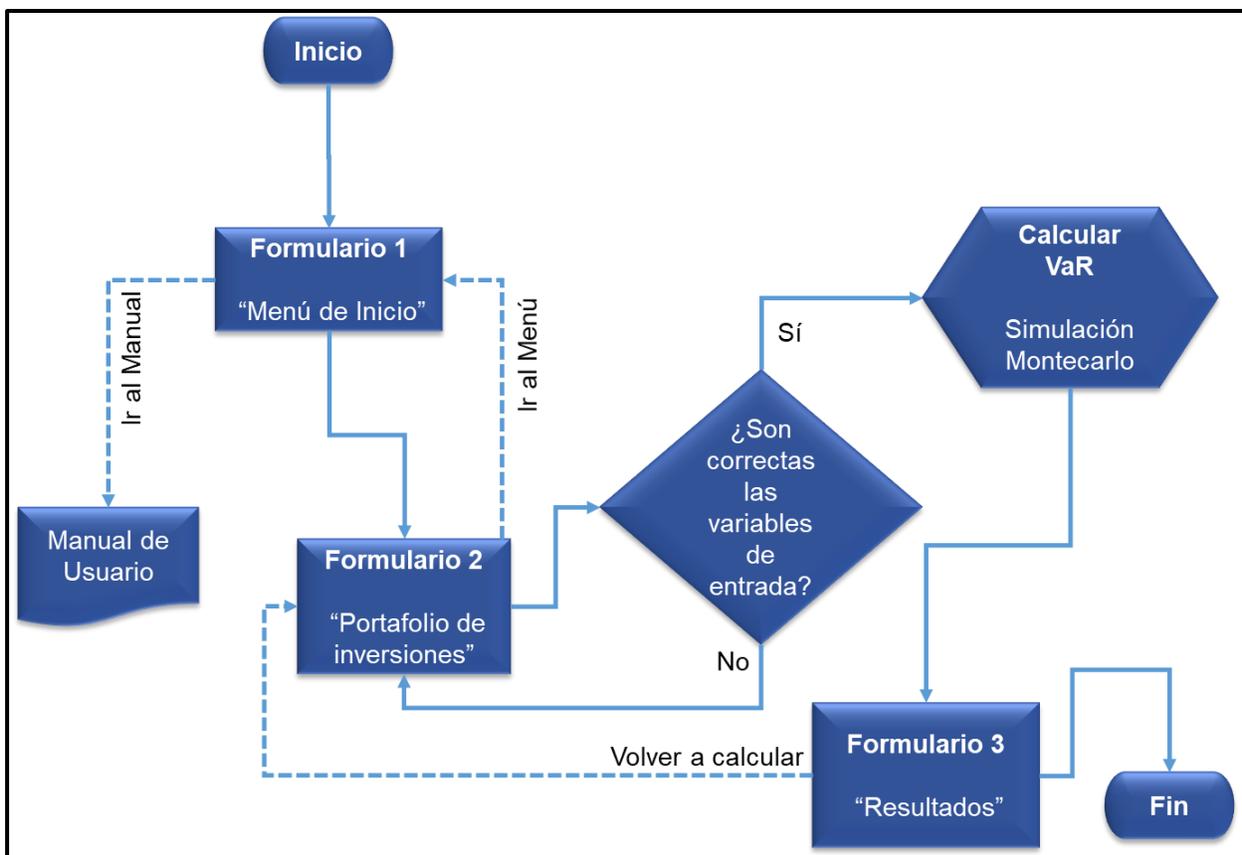
Portafolio		<i>Mercado de dinero</i>		<i>Gubernamentales</i>	
Mercado de divisa	20%	Bancario	30%	BondesD 1	15%
Mercado de valores	20%	<i>Gubernamentales</i>	30%	BondesD 2	15%
<i>Mercado de dinero</i>	60%	Total	60%	Total	30%
Total	100%				

Fuente: Elaboración propia acorde con el funcionamiento del modelo.

Por esto, el segundo formulario requiere un llenado correcto, de modo que se implementarán validaciones para evitar errores por parte del usuario. En caso de cometer un error se le informará a través de un mensaje; en cambio, si todo es correcto se calculará el VaR.

Por último, el tercer formulario "Resultados" mostrará el VaR con su interpretación y algún gráfico que pueda contribuir a un mejor entendimiento. El diagrama XV resume el proceso que deberá seguir el modelo.

Diagrama XV. Diagrama de flujo representando el proceso del modelo de simulación.



Fuente: Elaboración propia acorde con el funcionamiento del modelo.

2.1.4 Colección de datos.

Esta es la última etapa antes de comenzar la creación del modelo en Excel, hasta ahora sólo tenemos un bosquejo de lo que se requiere y su funcionamiento. En la colección de datos es necesario hacer un check-list de todas las variables de las cuales se requiere

tener un histórico. La información histórica debe ser de mínimo 500 días, además se tiene la obligación de asegurarse que los datos recolectados sean de fuentes confiables².

En este caso necesitamos contar con históricos de los factores de riesgo de cada instrumento, como: tipo de cambio, tasas de interés, precio de las acciones, sobretasas, entre otros. Esta fase se describe a detalle en el subtítulo 2.2.1, durante la aplicación de la simulación Montecarlo. A partir de aquí usted encontrará notas al pie de página que le permitirán visualizar en las hojas Excel del modelo cada una de las etapas.

2.1.5 Implementación del modelo en computadora.

Esta fase es la más larga porque es donde se lleva a cabo la creación del modelo, por eso debe realizarse con bastante cuidado. Es aquí donde se plasman física y visualmente todas las características y condiciones estipuladas en la definición del sistema (subtema 2.1.2), formulación del problema (subtema 2.1.1) y del modelo (subtema 2.1.3).

Así que el programa elegido para crear el modelo fue Excel, entre las ventajas de trabajar con este software tenemos el uso de Visual Basic, el cual permite elaborar UserForm (formularios) proporcionando así un mecanismo gráfico conocido como: Interfaz Gráfica del Usuario (GUI por sus siglas en inglés). El GUI facilita y fomenta la interacción con el modelo y evita que el usuario modifique algún dato en las hojas de cálculo (Torres Remon, 2016). La interfaz debe ser sencilla de usar y sobre todo atractiva.

Otras de las ventajas con las que cuenta Excel son las fórmulas predefinidas, útiles durante el desarrollo del proyecto; más adelante se enuncian las que fueron empleadas. Además, Excel cuenta con el uso de macros, que son un conjunto de instrucciones mediante código; las cuales permiten relacionar los formularios con las hojas de cálculo.

² La información histórica se encuentra en las hojas Divisa, Acciones, Gobierno y Bancario del modelo de Excel. Esta información fue obtenida de instituciones como Banxico y empresas reguladas por la CNBV.

El uso de macros³ en la implementación del modelo fue fundamental, entre las más relevantes están:

- ✓ Llenado: Coloca los valores de las variables de entrada y los datos históricos de cada instrumento en la hoja Montecarlo.
- ✓ CommandButton4_Click: Verifica que el formulario “Portafolio” haya sido llenado correctamente.

A partir aquí todas las etapas siguientes se desarrollan una vez que el modelo ha sido elaborado; es decir, una vez concluida la etapa de implementación.

2.1.6 Verificación.

Esta etapa tiene que ver exclusivamente con la programación del modelo. Primero se verifica que el código sea correcto, esta tarea se facilita mediante la herramienta *debugging* (depuración), es el proceso de identificar y corregir errores de programación (Reyes García, 2016). En Visual Basic la instrucción empleada es depuración paso a paso, esta se desplaza línea por línea del código leyendo y ejecutando las indicaciones, en caso de encontrar un error aparece un mensaje y el código erróneo se señala de color amarillo.

Una vez aprobada la depuración se debe validar que la tarea ejecutada por cada macro sea la apropiada; porque posiblemente el código sea correcto, pero no realiza bien su tarea. Algunas ocasiones esto es causado por errores en la posición de celdas, cruce de información, ausencia de datos, errores de búsqueda, entre otros. En caso de existir algún error se debe corregir y volver a hacer las dos verificaciones, por el contrario, se puede proseguir con el siguiente paso.

³ Para poder visualizar los códigos se requiere solicitar la contraseña al desarrollador, puede comunicarse al correo: yreyess001@alumni.uaemex.mx.

2.1.7 Validación.

Ahora se evalúa la exactitud del modelo, es decir, se valora si se empleó bien la simulación Montecarlo (subtema 2.2) y si la salida (VaR) es correcta. Para verificar esto se ejecuta el modelo por completo y con base en los resultados se va validando si es acertado. Los errores encontrados en este paso pueden dar origen a corregir o complementar el modelo.

Las primeras pruebas son corroborar que los datos recolectados sean correctos y no exista omisión de algún dato. Este tipo de comprobación permitió completar el histórico del dólar canadiense donde se observaba la ausencia de precio los lunes. Las validaciones más importantes se hicieron con las macros BTR_CS_SUCIO, BONDE1_SUCIO y BONDE2_SUCIO, por medio de ejercicios con datos reales de cada instrumento y se observó que estas calculaban el precio sucio exactamente igual al del histórico. Otro ejemplo de verificación se expone en el apartado 2.2.7, analizando los resultados de los factores de riesgo simulados contra los reales.

2.1.8 Diseño de experimentos.

Los experimentos son dependientes de la variable de entrada: número de simulaciones, pues esta determina el intervalo de ejecución. En la etapa formulación del modelo se especificó que el rango de este parámetro va de 100 a 500 con incrementos de 100. De ahí que el tiempo de ejecución será mayor mientras más datos se tengan. En la tabla 1 se puede observar el lapso estimado de arranque; este puede cambiar acorde con el procesador de la computadora en donde se ejecute, es posible que se triplique el tiempo.

Tabla 1. Diseño de experimentos.

Número de simulaciones	Tiempo estimado de ejecución
100	5 segundos
200	8 segundos
300	12 segundos
400	16 segundos
500	20 segundos

Fuente: Elaboración propia acorde con el funcionamiento del modelo.

Más adelante se menciona cuantos experimentos se llevaron a cabo para comprobar que el modelo fuera correcto; sin embargo, el objetivo del proyecto es que el usuario experimente.

2.1.9 Experimentación.

Como ya se mencionó la experimentación depende del usuario, pero la parte que le corresponde al desarrollador del modelo es probar que el modelo sea correcto. Es decir, que el VaR sea apropiado.

En esta etapa se realizaron 10 iteraciones donde se observó el comportamiento del VaR y de acuerdo con los resultados obtenidos se dio por aceptado el modelo. Las pruebas realizadas se explican en el capítulo 3 subtítulo 3.1.

En conclusión, esta etapa representa el objetivo del proyecto y se convierte en tarea del usuario, ya que al experimentar con el modelo encontrará el VaR de su inversión y con los resultados obtenidos podrá tomar decisiones.

2.1.10 Interpretación.

Esta fase se resume en el formulario 3 del modelo, donde se presenta el resultado del VaR con su interpretación (véase capítulo 3, subtítulo 3.2.1.2.).

2.1.11 Implementación.

En la teoría se explica que consiste en la migración del modelo a producción, pero aquí la implementación se dio desde que el modelo fue generado en Excel. Así que esta etapa finalizará cuando se presente el proyecto ante los usuarios.

2.1.12 Documentación.

En esta última etapa se debe elaborar la documentación y manual de usuario del modelo. La documentación está representada por este reporte de aplicación de conocimientos, donde se detalla toda la descripción del modelo. Mientras que el manual de usuario se dará a conocer en el capítulo 3 subtítulo 3.2.1, este describirá paso a paso de qué forma emplear el modelo.

2.2 Aplicación del Método de Simulación Montecarlo en el proyecto.

En la etapa de implementación del modelo en computadora (subtítulo 2.1.5), se especificó que ahí se dio la creación del modelo.

En consecuencia, durante ese proceso se integró el método de simulación Montecarlo. Sin embargo, debido a que el método es la solución del problema de estudio se consideró elemental describir cómo se implementó cada una de sus etapas al modelo. Por esta razón, el libro de Excel contiene una hoja con el nombre *Montecarlo*, la cual contiene enumerados cada uno de los pasos que se mencionan a continuación:

2.2.1 Identificar los Factores de Riesgo.

Recuerde que el modelo calcula el VaR de cinco instrumentos a la vez, los cuales se conforman por un instrumento de divisa, uno de valores y tres de dinero. Basándose en este supuesto, se detectaron los siguientes factores de riesgo de cada activo (véase tabla 2):

Tabla 2. Delimitación de los factores de riesgo.

Instrumento Financiero	Factores de riesgo
Divisa	Precio sucio de la divisa
Acción	Precio limpio de la acción
Gubernamentales	Sobretasa Tasa Devengada (Tasa Cupón del vector de precios) Tasa de Fondeo Bancario (TFB)
Bancarios	Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE) Sobretasa Tasa YTM (Rendimiento del vector de precios) Tasa Cupón

Fuente: Elaboración propia acorde García Fulgencio (2016), Banco de México (2018), Consubanco (2017) y Banco Interacciones (2017).

Una vez identificados los factores de riesgo se procedió con la recolección de datos históricos. Se recolectaron 500 días de información durante el periodo del 5 de marzo de 2015 al 28 de febrero de 2017. Los datos de los activos bancarios, gubernamentales y acciones se obtuvieron de un vector de precios, el cual es elaborado por una empresa dedicada a la valuación de instrumentos financieros, esta se encuentra regulada y supervisada por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV). Mientras que los precios de las divisas se tomaron de Banco de México (Banxico). Debido a la relevancia que tienen dichas instituciones en México, la fiabilidad de los datos es indiscutible.

En la hoja Montecarlo del modelo en Excel se puede apreciar una tabla con el nombre *Factores de Riesgo*, esta contiene 11 factores no sólo los 9 que se enlistan en la tabla 2. Esto a causa de que se tienen dos instrumentos gubernamentales y cada uno tiene 3 factores de riesgo, lo que implica usar dos sobretasas y dos tasas devengadas diferentes, el único factor que pueden compartir estos instrumentos es la Tasa de Fondeo Bancario

(TFB)⁴. Acorde con lo anterior los factores de riesgo quedan agrupados en la hoja Montecarlo de la siguiente manera (véase tabla 3):

Tabla 3. Factores de riesgo de los instrumentos financieros.

Instrumento Financiero	Factores de riesgo
Una divisa	Precio sucio de la divisa
Una acción	Precio limpio de la acción
Dos papeles gubernamentales	Sobretasa 1
	Tasa Devengada 1 (Tasa Cupón del vector de precios)
	Sobretasa 2
	Tasa Devengada 2 (Tasa Cupón del vector de precios)
Un papel bancario	Tasa de Fondeo Bancario (TFB)
	Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio (TIIE)
	Sobretasa
	Tasa YTM (Rendimiento del vector de precios)
	Tasa Cupón

Fuente: Elaboración propia acorde García Fulgencio (2016), Banco de México (2018), Consubanco (2017) y Banco Interacciones (2017).

Es importante que antes de pasar a la siguiente fase se verifique que no exista ausencia de datos o incongruencias, esto se corroboró en el paso de validación (subtema 2.1.7), en donde se hallaron datos faltantes en el histórico del precio sucio del dólar canadiense y se procedió a completar dicha información.

⁴ Esto se puede observar de la columna E13:O518 en la hoja Montecarlo.

2.2.2 Calcular los Rendimientos de los Factores de Riesgo.

Los rendimientos se calculan con la función logaritmo:

$$R_t = \text{Ln} \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

Donde:

R_t = Rendimiento.

P_t = Precio actual o base.

P_{t-1} = Precio del periodo anterior (día, mes).

En algunos casos el rendimiento tiende a cero, lo cual ocasiona que los datos no sean significativos y pueda existir falla en la realización de la Matriz de Cholesky; para acotar este error se realizó lo siguiente: si $R_t = 0$ entonces se toma el resultado inmediato anterior donde $R_t \neq 0$, hasta obtener un cambio donde $R_t > 0$. Esta tarea se realiza mediante la macro Rendimiento⁵ (véase anexo B)

2.2.3 Generar la Matriz de Varianza – Covarianza.

Como se mencionó en el capítulo 1 antes de generar la matriz es necesario tener la media, varianza y desviación estándar de los factores de riesgo. Dichas medidas se calculan con las fórmulas de Excel: Promedio (), Var.P () y Desvest.P (). Una vez obtenidas se puede realizar la matriz de covarianza, la cual se calcula con ayuda de la fórmula Covariance.P ().

Esto se debe hacer con todos los factores de riesgo para ver si existe relación entre ellos, el resultado es una matriz de 11x11⁶. Para finalizar este paso se debe verificar si la

⁵ Observe el resultado de la macro rendimientos en la columna P13:Z518 de la hoja Montecarlo.

⁶ De la columna AE6:AP12 de la hoja Montecarlo se encuentran los estadísticos y de la columna AE16:AP31 la matriz varianza-covarianza.

estimación de la matriz es correcta, dado que su diagonal debe ser igual a la varianza de cada instrumento; en caso de existir error es recomendable regresar a la etapa 2.2.2.

2.2.4 Matriz de Cholesky.

Con apoyo de la matriz varianza-covarianza se creó la matriz de Cholesky a partir de las siguientes formulas:

$$a_{ii} = \left[\sigma_{ii} - \left[\sum_{k=1}^{i-1} a_{ik}^2 \right] \right]^{\frac{1}{2}} \rightarrow \text{Para los elementos de la diagonal.}$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ij}} \left[\sigma_{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} a_{ik} * a_{i-1-k} \right] \rightarrow \text{Para el resto de los elementos de la matriz.}$$

La matriz se ha elaborado de manera manual, por lo cual, es posible corroborar si se están aplicando correctamente las fórmulas⁷ en la hoja Montecarlo.

2.2.5 Generación de Aleatorios.

En el capítulo 1 se abordó la elaboración de números aleatorios mediante de la fórmula Box - Muller, sin embargo, esta no puede ser empleada ya que tenemos 11 factores de riesgo y esta sólo funciona con 2. Actualmente existen muchos métodos para obtener aleatorios y los programas cuentan con fórmulas definidas, Excel cuenta con: Distr.Norm.Inv (Aleatorio (),0,1).

A partir de esa fórmula se creó una matriz de 500x11 números aleatorios⁸ distribuidos normalmente; una vez generada se recurrió a copiar y pegar los resultados, porque con cada enter se modificaba el cálculo del VaR, por este motivo, los datos permanecen estáticos.

⁷ En la columna AE33:AP48 de la hoja Montecarlo se encuentra la matriz Cholesky.

⁸ La matriz de aleatorio se encuentra en las columnas AR13:BB518 de la hoja Montecarlo.

2.2.6 Generación de los Rendimientos Normales Multivariados.

Estos rendimientos se obtienen mediante la multiplicación de la matriz de Cholesky (subtítulo 2.2.4) y la matriz de números aleatorios (subtítulo 2.2.5). En Excel se cuenta con la fórmula Mmult () para realizar esta tarea. Aunque en la etapa de validación (subtítulo 2.1.7) se detectó que se cometían errores debido al número de simulaciones elegidas por el usuario; por ello, fue necesario condicionar el producto de matrices con la fórmula Si (); conocida en programación como un if- anidado:

```
SI (J5=100,MMULT (AR19:BB118,AF38:AP48) ,  
SI (J5=200,MMULT (AR19:BB218,AF38:AP48) ,  
SI (J5=300,MMULT (AR19:BB318,AF38:AP48) ,  
SI (J5=400,MMULT (AR19:BB418,AF38:AP48) ,  
SI (J5=500,MMULT (AR19:BB518,AF38:AP48) ,0) ) ) ) )
```

Con esta fórmula se remedió el error de exceso de datos. La generación de los rendimientos simulados es importante, porque estos representan las posibles variaciones de precio de los instrumentos financieros.

2.2.7 Factores Simulados.

Los factores simulados se obtienen con la fórmula:

$$\text{Factor simulado}_n = (1 + \text{Rendimiento simulado}_n)(\text{Factor de riesgo}_{n-1})$$

Donde:

$\text{Rendimiento simulado}_n = \text{Rendimientos normales multivariados (Paso 2.2.6)}$.

$\text{Factor de riesgo}_{n-1} = \text{Valor del factor de riesgo en un periodo anterior (Paso 2.2.1)}$.

El resultado de este cálculo muestra el valor que puede tomar cada factor de riesgo durante el proceso de simulación. Es importante revisar que los cálculos de los factores simulados sean coherentes, la tabla 4 muestra algunas comparaciones.

Tabla 4. Comparación de los factores de riesgo simulados.

Factor de riesgo	Valor del factor de riesgo real	Valor del factor de riesgo simulado
Precio del Dólar	15.4445	15.4629
Precio de la acción de FEMSA	138.26	140.05
TIIE	3.3037	3.3091
Tasa YTM	5.3037	5.2275

Fuente: Elaboración propia acorde con el funcionamiento del modelo.

En la tabla 4 se muestran cuatro ejemplos de los valores obtenidos después de simular los factores, se observa que los resultados varían por decimales y en el caso de la acción, la diferencia es apenas de un 1.29%. Lo cual indica que los factores simulados son correctos.

Recordemos que la divisa y la acción únicamente tienen un factor de riesgo, es decir, su precio sucio y limpio respectivamente, por ello al ejecutar la fórmula anterior se obtuvo su precio simulado⁹; es decir, el posible valor que toma el instrumento en el periodo $n + 1$. En cambio, para los instrumentos bancarios y gubernamentales aún nos falta encontrarlo.

2.2.8 Precios Sucios Simulados.

En el paso anterior se mencionó que el precio simulado de la divisa y la acción ya fueron encontrados. Por este motivo, aquí sólo se aborda la manera de calcular el precio sucio de los instrumentos bancarios y gubernamentales. Los precios son calculados acorde con el prospecto de cada instrumento, este documento contiene las fórmulas y tasas empleadas para determinar el precio sucio.

⁹ Los resultados se encuentran de la columna BN13:BX518 de la hoja Montecarlo.

El cálculo de los BondesD se realizó de acuerdo con su prospecto (véase anexo C), donde se plantean las siguientes fórmulas (Banco de México, 2018):

$$TC_1 = \left[\left(1 + TC_{dev} \frac{d}{36,000} \right) \left(1 + \frac{r}{36,000} \right)^{28-d} - 1 \right] \frac{36,000}{28}$$

Donde:

TC_1 = Tasa anual esperada para el siguiente pago de intereses, expresada en porcentaje con redondeo a dos decimales.

TC_{dev} = Tasa de interés anual devengada, expresada en porcentaje con redondeo a dos decimales.

d = Número de días transcurridos del cupón vigente.

r = Tasa ponderada de fondeo bancario (TFB) publicada el día hábil anterior, a la fecha de valuación, expresada en términos porcentuales con redondeo a dos decimales.

$$TC = \left[\left(1 + \frac{r}{36,000} \right)^{28} - 1 \right] \frac{36,000}{28}$$

Donde:

TC = Tasa anual esperada para los pagos de intereses 2,3, ..., K.

$$R = \left[\left(1 + \frac{r+s}{36,000} \right)^{28} - 1 \right]$$

Donde:

R = Tasa de interés efectiva para descontar los flujos.

s = Sobretasa.

$$C_1 = VN \left(\frac{28 * TC_1}{36,000} \right)$$

Donde:

C_1 = Monto esperado del pago de intereses actual.

VN = Valor nominal del título.

$$C = VN \left(\frac{28 * TC}{36,000} \right)$$

Donde:

C = Monto esperado para los pagos de intereses 2, ..., K.

$$I_{devj} = VN \left(\frac{28 * TC_{dev}}{36,000} \right)$$

Donde:

I_{devj} = Intereses devengados (redondeados a 12 decimales) durante el periodo j.

$$P = \left(\frac{C_1 + C \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R(1+R)^{K-1}} \right] + \frac{VN}{(1+R)^{K-1}}}{[1 + R]^{(1-\frac{d}{28})}} \right) - I_{dev}$$

Donde:

P = Precio limpio del BONDESD (redondeado a 5 decimales).

K = Número de cupones por liquidar, incluyendo el vigente.

Con base en estas fórmulas se ocupan los datos simulados: sobretasa, tasa devengada y TFB. Adicional, se requieren datos del vector como: fecha de valuación y fecha de inicio del cupón. Ya que se tienen todos los datos se efectúa el cálculo del precio sucio, por medio de la fórmula:

$$\text{Precio sucio} = P + I_{dev}$$

En el apartado 2.1.3 se especificó que el usuario debe elegir dos de los cuatro instrumentos gubernamentales, considerando lo anterior se implementaron las macros Bonde1_sucio y Bonde2_sucio (el código se encuentra en el anexo D), para calcular el precio sucio de cada BondesD. El procedimiento de las macros es el mismo, la única diferencia es la posición en donde colocan los resultados; se decidió crear dos códigos para evitar errores de posicionamiento¹⁰.

También, ya se mencionó que el usuario puede elegir uno de los dos instrumentos bancarios (CSBanco y Binter). Así que ahora se valorará el precio sucio de estos activos, este se efectúa mediante dos prospectos diferentes (ver anexo E), a pesar de ser distintos la metodología para encontrar el valor es igual, la única diferencia es la prima (Banco Interacciones, 2017) (Consubanco, 2017), donde:

- ✓ CSBANCO tiene una prima 2.5 puntos porcentuales.
- ✓ BINTER tiene una prima 0.9 puntos porcentuales.

El cálculo se lleva a cabo por medio de la macro BTR_CS_SUCIO (ver anexo F), esta tiene una condición que le permite distinguir la prima a emplear de acuerdo con el instrumento elegido por el usuario¹¹.

2.2.9 Pérdidas y Ganancias “P&L”.

Antes de calcular la P&L, necesitamos conocer ¿cuántos títulos se le asignarán a cada instrumento?, debido a que el usuario sólo puede indicar el monto de la inversión y el porcentaje de participación para cada instrumento; el número de títulos se obtiene con la siguiente fórmula y en la figura 4 se puede ver un ejemplo.

¹⁰ Los precios simulados de los instrumentos gubernamentales se pueden visualizar de la columna CA13:CB518 en la hoja Montecarlo.

¹¹ El resultado de los precios simulados de los instrumentos bancarios se puede visualizar de la columna CC3:CC518 en la hoja Montecarlo.

$$\text{Número de títulos} = \frac{\text{Monto}}{\text{Último precio simulado}}$$

Donde:

Monto = *Monto a invertir* * % de participación.

Último precio simulado = *Es el precio de cada instrumento que se obtiene a la fecha de valuación (Paso 2.2.8).*

Figura 4. Asignación de títulos.

	GENERACION DEL TOTAL DE TITULOS POR INSTRUMENTO					
	DÓLAR	FEMSA	LD BONDESD 190207	LD BONDESD 181213	94 CSBANCO 14-2	
MONTO	\$ 2,615.93	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	\$ 1,250.00	\$ 2,500.00	
ULTIMO PRECIO SIMULADO	20.13	163.72	100.21	100.25	100.91	
TITULOS	129.951813	15	12	12	25	
TOTAL	\$ 2,615.93	\$ 2,455.80	\$ 1,202.52	\$ 1,203.00	\$ 2,522.75	\$ 10,000.00

Fuente: Elaboración propia acorde con el funcionamiento del modelo.

Consideraciones: Los activos de mercado de dinero y valores deben tener un número de títulos entero. En la figura 4 se puede observar la asignación de títulos (números enteros) en los instrumentos de estos mercados, los cuales suman un total de \$7,384.07 pesos. Ahora el monto restante (\$2,615.93 pesos) para llegar a los \$10,000 pesos lo podemos asignar al mercado de divisa, pues contrario a los otros dos mercados en este si es posible tener compras con centavos.

Una vez obtenido el número de títulos y los precios simulados, se calculan las pérdidas y ganancias, con la fórmula:

$$P\&L_n = (\text{Precio simulado}_n - \text{Valor de la última cotización del instrumento}) \\ * \text{Número de títulos}$$

Donde:

Precio simulado = *Precio diario simulado (Obtenido en el paso 2.2.8).*

Valor de la última cotización del instrumento = *Valor real del instrumento a la fecha de valuación.*

El cálculo de la tabla P&L¹² se ejecuta con la macro P_LINDIVIDUAL, se puede ver el código en el anexo G.

2.2.10 Pérdidas y Ganancias “P&L Total”.

Mejor conocido como el vector de pérdidas y ganancias del portafolio, únicamente se hace la suma de las P&L individuales (subtítulo 2.2.9) para generar un P&L total¹³.

2.2.11 Obtener el valor en riesgo.

Finalmente, el VaR se obtiene al calcular el percentil correspondiente a la serie “P&L Total”, como se mencionó en el capítulo 1 varios programas simplifican este paso y en el caso de Excel se aplica la fórmula de Percentil () para encontrar la pérdida máxima del portafolio de inversión.

2.3 Resumen.

Este capítulo es el cimiento para llegar a la presentación del modelo como producto final. Aquí, se mostró a detalle cómo se implementó cada uno de los conocimientos adquiridos en el capítulo 1 durante la elaboración del modelo. En la primera sección de este se describió cada uno de los requerimientos del modelo, se mencionaron algunas de las pruebas a las que fue sometido para evitar errores en el funcionamiento. También se abordó cómo comprobar que este fuera correcto con base en la experimentación de pruebas que se llevó a cabo. En la segunda parte se dio a conocer cómo se ejecutó cada una de las etapas del método Montecarlo.

En cada una de las secciones del capítulo se mencionó que las etapas de elaboración se pueden ver directamente en el modelo de Excel. Por ello, es recomendable leer por completo el escrito y en caso de querer corroborar si la implementación es adecuada, se revise detalladamente esta sección a la par del modelo. En conclusión, este capítulo permite seguir a paso a paso la elaboración del modelo final.

¹² Los P&L por instrumento se encuentran en las columnas CD13:CH518 de la hoja Montecarlo.

¹³ Este resultado se observa en las columnas CI13:CI518 de la hoja Montecarlo.

CAPÍTULO 3 EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN.

“Evitar cometer los errores de los demás es un paso muy importante para el éxito.”

Seth Klarmarn

En este capítulo se da a conocer el panorama general del trabajo final. En la primera parte se fundamentan las pruebas a las que fue sometido el modelo para afirmar que es correcto. Y en una segunda sección se describe paso a paso cómo funciona el modelo, para evitar problemas de uso.

3.1 Pruebas con el modelo.

La evaluación del modelo se comenzó a desarrollar desde el capítulo anterior, donde se explicó cómo se implementaron cada una de las etapas de simulación. Las fases que permitieron evaluar el modelo son: verificación, validación, diseño de experimentos y experimentación. A continuación, se expone a detalle la función de cada una de estas etapas:

Verificación: Se detectó que el modelo presentaba ausencia de datos al solicitar el precio limpio de la acción Liverpool, este problema era causado por un error en los nombres ya que el código indicaba buscar Liverpool, cuando lo correcto era Livepol. Otro de los errores en la creación fue el código del botón *volver a calcular* (véase apartado 3.2.1.2, figura 8), pues al dar clic permitía regresar al formulario portafolio para llenarlo nuevamente, pero cuando se presionaba el botón VAR, los resultados no se actualizaban; esto se corrigió limpiando variables. En conclusión, esta etapa finalizó al verificar que la interfaz funcionaba adecuadamente.

Validación: Aquí se evaluó la exactitud del modelo, dicha etapa fue esencial porque se iba verificando cada uno de los pasos del método Montecarlo, al realizar este ejercicio se corrigió el histórico del dólar canadiense, se condicionaron los rendimientos (subtema 2.2.2) y se decidió dejar estáticos los números aleatorios (subtítulo 2.2.5). Estos son algunos de los errores que se lograron componer en esta fase. Esta prueba se concluyó cuando se analizaron los datos resultantes de la generación de factores de riesgo simulados (subtema 2.2.7) y el resultado del VaR.

Diseño de experimentos: Después de haber definido el rango de simulaciones entre 100 y 500, se ejecutó varias veces el programa para observar su comportamiento. Detectando que al elegir el instrumento 94_CSBANCO_14-2 el número de simulaciones debía permanecer en 500 o de lo contrario los datos perdían significancia, como resultado, se creó una condición que los deja siempre en 500. Por último, se midió el tiempo de ejecución que tardaba el programa en arrojar los resultados dependiendo del número de simulaciones (véase subtítulo 2.1.8, tabla 1).

Experimentación: Puede ser considerada como la fase primordial del modelo, ya que permitió verificar si el resultado del VaR era correcto, a través de 10 pruebas, donde se obtuvieron los siguientes datos (véase figura 5):

Figura 5. Pruebas con el modelo.

Prueba 1						
Monto de la inversión	\$	1,000,000.00	% Participación Mercado de Divisa	20%	Mercado de Dinero	
Número de simulaciones		500	% Participación Mercado de Valores	20%	% Participación Bancario	20%
Nivel de confianza		95%	% Participación Mercado de Dinero	60%	% Participación Gubernamentales	40%
				Total	100%	Total 60%
Elección de instrumentos					RESULTADOS	
Divisa	Acción	Bancario	Gubernamental 1	Gubernamental 2	VaR	\$
YEN JAPONÉS	SANBORNS	94 CSBANCO 14-2	LD BONDESD 180927	LD BONDESD 181213	% Del VaR respecto al monto de inversión	3.01%
Prueba 2						
Monto de la inversión	\$	1,000,000.00	% Participación Mercado de Divisa	50%	Mercado de Dinero	
Número de simulaciones		500	% Participación Mercado de Valores	30%	% Participación Bancario	5%
Nivel de confianza		99%	% Participación Mercado de Dinero	20%	% Participación Gubernamentales	15%
				Total	100%	Total 20%
Elección de instrumentos					RESULTADOS	
Divisa	Acción	Bancario	Gubernamental 1	Gubernamental 2	VaR	\$
DÓLAR CANADIENSE	LIVERPOOL	94 CSBANCO 14-2	LD BONDESD 181213	LD BONDESD 180927	% Del VaR respecto al monto de inversión	3.08%
Prueba 3						
Monto de la inversión	\$	1,000,000.00	% Participación Mercado de Divisa	15%	Mercado de Dinero	
Número de simulaciones		400	% Participación Mercado de Valores	15%	% Participación Bancario	30%
Nivel de confianza		90%	% Participación Mercado de Dinero	70%	% Participación Gubernamentales	40%
				Total	100%	Total 70%
Elección de instrumentos					RESULTADOS	
Divisa	Acción	Bancario	Gubernamental 1	Gubernamental 2	VaR	\$
EURO	SANBORNS	94 BINTER 14-2	LD BONDESD 190207	LD BONDESD 181213	% Del VaR respecto al monto de inversión	0.35%

Prueba 4							
Monto de la inversión	\$	1,000,000.00	% Participación Mercado de Divisa	10%	Mercado de Dinero		
Número de simulaciones		400	% Participación Mercado de Valores	30%	% Participación Bancario	40%	
Nivel de confianza		95%	% Participación Mercado de Dinero	60%	% Participación Gubernamentales	20%	
			Total	100%	Total	60%	
Elección de instrumentos					RESULTADOS		
Divisa	Acción	Bancario	Gubernamental 1	Gubernamental 2	VaR	\$	
DÓLAR ESTADOUNIDENSE	BIMBO	94 BINTER 14-2	LD BONDESD 180927	LD BONDESD 190411	% Del VaR respecto al monto de inversión		49,106.82
							4.91%
Prueba 5							
Monto de la inversión	\$	1,000,000.00	% Participación Mercado de Divisa	10%	Mercado de Dinero		
Número de simulaciones		300	% Participación Mercado de Valores	10%	% Participación Bancario	20%	
Nivel de confianza		90%	% Participación Mercado de Dinero	80%	% Participación Gubernamentales	60%	
			Total	100%	Total	80%	
Elección de instrumentos					RESULTADOS		
Divisa	Acción	Bancario	Gubernamental 1	Gubernamental 2	VaR	\$	
YEN JAPONÉS	FEMSA	94 BINTER 14-2	LD BONDESD 190207	LD BONDESD 180927	% Del VaR respecto al monto de inversión		12,837.24
							1.28%
Prueba 6							
Monto de la inversión	\$	1,000,000.00	% Participación Mercado de Divisa	20%	Mercado de Dinero		
Número de simulaciones		300	% Participación Mercado de Valores	20%	% Participación Bancario	20%	
Nivel de confianza		95%	% Participación Mercado de Dinero	60%	% Participación Gubernamentales	40%	
			Total	100%	Total	60%	
Elección de instrumentos					RESULTADOS		
Divisa	Acción	Bancario	Gubernamental 1	Gubernamental 2	VaR	\$	
EURO	BANCO BANORTE	94 BINTER 14-2	LD BONDESD 181213	LD BONDESD 190411	% Del VaR respecto al monto de inversión		37,095.89
							3.71%
Prueba 7							
Monto de la inversión	\$	1,000,000.00	% Participación Mercado de Divisa	30%	Mercado de Dinero		
Número de simulaciones		200	% Participación Mercado de Valores	10%	% Participación Bancario	10%	
Nivel de confianza		95%	% Participación Mercado de Dinero	60%	% Participación Gubernamentales	50%	
			Total	100%	Total	60%	
Elección de instrumentos					RESULTADOS		
Divisa	Acción	Bancario	Gubernamental 1	Gubernamental 2	VaR	\$	
DÓLAR ESTADOUNIDENSE	SANBORNS	94 BINTER 14-2	LD BONDESD 180927	LD BONDESD 181213	% Del VaR respecto al monto de inversión		5,173.87
							0.52%
Prueba 8							
Monto de la inversión	\$	1,000,000.00	% Participación Mercado de Divisa	25%	Mercado de Dinero		
Número de simulaciones		200	% Participación Mercado de Valores	20%	% Participación Bancario	15%	
Nivel de confianza		99%	% Participación Mercado de Dinero	55%	% Participación Gubernamentales	40%	
			Total	100%	Total	55%	
Elección de instrumentos					RESULTADOS		
Divisa	Acción	Bancario	Gubernamental 1	Gubernamental 2	VaR	\$	
DÓLAR CANADIENSE	BANCO BANORTE	94 BINTER 14-2	LD BONDESD 181213	LD BONDESD 180927	% Del VaR respecto al monto de inversión		24,331.03
							2.43%
Prueba 9							
Monto de la inversión	\$	1,000,000.00	% Participación Mercado de Divisa	10%	Mercado de Dinero		
Número de simulaciones		100	% Participación Mercado de Valores	30%	% Participación Bancario	50%	
Nivel de confianza		90%	% Participación Mercado de Dinero	60%	% Participación Gubernamentales	10%	
			Total	100%	Total	60%	
Elección de instrumentos					RESULTADOS		
Divisa	Acción	Bancario	Gubernamental 1	Gubernamental 2	VaR	\$	
EURO	LIVERPOOL	94 BINTER 14-2	LD BONDESD 190207	LD BONDESD 190411	% Del VaR respecto al monto de inversión		3,501.86
							0.35%
Prueba 10							
Monto de la inversión	\$	1,000,000.00	% Participación Mercado de Divisa	75%	Mercado de Dinero		
Número de simulaciones		100	% Participación Mercado de Valores	5%	% Participación Bancario	5%	
Nivel de confianza		95%	% Participación Mercado de Dinero	20%	% Participación Gubernamentales	15%	
			Total	100%	Total	20%	
Elección de instrumentos					RESULTADOS		
Divisa	Acción	Bancario	Gubernamental 1	Gubernamental 2	VaR	\$	
DÓLAR ESTADOUNIDENSE	BIMBO	94 BINTER 14-2	LD BONDESD 180927	LD BONDESD 181213	% Del VaR respecto al monto de inversión		48,133.04
							4.81%

Fuente: Elaboración propia acorde con el funcionamiento del modelo.

En las 10 iteraciones efectuadas el VaR fue menor al 5% del monto de la inversión, por lo cual, se determinó que el modelo es aceptable. Sin embargo, se pueden presentar casos en los que el VaR rebase el 5%, a causa de la volatilidad de los instrumentos. Como muestra está la prueba 10 en donde se observa un VaR de \$ 48,133.04 pesos,

explicado principalmente por el porcentaje de participación (75%) asignado al dólar estadounidense, siendo esta una de las monedas con mayor volatilidad.

Finalmente, la experimentación representa el objetivo del trabajo. Pues la finalidad del modelo es que el usuario experimente por medio del portafolio de inversión cómo se comporta el VaR.

3.2 Resultados finales.

Se logró el objetivo de crear un modelo sencillo de utilizar, en el cual, el usuario sólo tendrá contacto con los formularios; es decir, sin necesidad de manipular las hojas de cálculo de Excel. La presentación y funcionamiento del modelo se resume en el manual de usuario, se consideró importante la inclusión de conceptos básicos ligados a las inversiones, para lograr un mayor entendimiento por parte de los usuarios.

3.2.1 Manual de Usuario.

Antes comenzar a leer el manual debe tener a la mano el modelo, en caso de no contar con este puede descargarlo mediante la liga:

<https://drive.google.com/open?id=1nb8IUNK051BH9vgrt11LJhgTorpbe4jR>

Una vez descargado Excel le pedirá que habilite el uso de macros y el libro, debe dar aceptar en ambos comentarios para que el programa se visualice como se detalla a continuación.

3.2.1.1 Conceptos Generales.

Una inversión es la acción de depositar una cantidad de dinero en un proyecto para conseguir ganancias; en otras palabras, *cuando el dinero trabaja para usted*. Actualmente existen muchas maneras de invertir; una de ellas son las inversiones bursátiles, las cuales son empleadas para crear valor en las empresas y últimamente son más los individuos que realizan esta actividad.

La mejor forma de invertir es por medio de un portafolio, se le denomina así a la colección de documentos que elige una persona o empresa para colocar su dinero (Elizondo Silva, 2017). Esta definición se resume en el dicho coloquial, *no pongas todos los huevos en una sola canasta*. Un portafolio permite combinar diferentes activos financieros con la finalidad de disminuir el riesgo y generar mejores beneficios; la elección depende del perfil de inversión de cada individuo.

Uno de los errores más graves al decidir invertir es tomar decisiones basándose únicamente en el activo con mayor utilidad; es necesario recordar que mayores ganancias implican más riesgo, el cual en las inversiones es la posibilidad de perder. Actualmente determinar el rendimiento es fácil o en algunas ocasiones es lo único que presentan algunos asesores financieros. Con el riesgo ocurre lo contrario porque este es más difícil de conocer dado que su cálculo cambia de acuerdo con cada tipo de instrumento.

En las finanzas existe una medida denominada valor en riesgo (VaR notación por sus siglas en inglés *Value at Risk*), la cual permite estimar la pérdida máxima que podría registrar un portafolio en un intervalo de tiempo y con cierto nivel de probabilidad o confianza (De Lara Haro, 2015). Este modelo se enfoca en calcular el VaR de una cartera de inversiones, con el objetivo de que usted pueda comprender: ¿cómo se comporta esta variable en los instrumentos en los que decidió invertir?

El objetivo del modelo es que usted arme su portafolio, podrá elegir 5 de los 14 instrumentos; es decir, tendrá la posibilidad de formar 2002 combinaciones diferentes. Además, al contar con activos de los tres tipos de mercado se logra realizar una verdadera diversificación.

Mercado de Divisa: También conocido como mercado cambiario, en este se compran y venden distintas monedas extranjeras. La divisa es el medio de cambio cifrado en una moneda distinta a la nacional o doméstica (Zacharie, 2018). El precio de la moneda es determinado por diversos factores (comercio, deuda, situación política, reservas, crisis) que representan la fortaleza económica y el poder adquisitivo de un país.

El uso de la divisa en las carteras tiene dos funciones (Macías, 2013):

- ✓ Generar rendimientos ya que permiten obtener ganancias de manera rápida.
- ✓ Reducir riesgos a causa de la depreciación (posibilidad de que el precio de la moneda nacional caiga respecto a otra) y concentración geográfica (tener diversas divisas permite un equilibrio cuando alguna presenta una baja).

Las divisas son recomendables cuando se planea realizar una inversión a largo plazo y se está dispuesto a asumir un riesgo grande (las monedas presentan alta volatilidad). El modelo cuenta con cuatro monedas diferentes para elegir:

1. Dólar Estadounidense (USD).
2. Dólar Canadiense (CAD).
3. Yen Japonés (JPY).
4. Euro (EUR).

Mercado de Valores: Conjunto de instituciones y agentes financieros los cuales negocian distintos tipos de activos (acciones, fondos, obligaciones, ente otros). La función de vender activos es conseguir financiamiento para seguir creciendo o desarrollar proyectos (Anónimo, 2008).

Un ejemplo de lo anterior son las acciones, las cuales son vendidas a través de la Bolsa de Valores con el propósito de conseguir dinero. Este activo funciona como un crédito para las empresas, pero en lugar de pedirlo en el banco se invita a los inversionistas a adquirir una parte de la empresa por medio de este documento (acción) (Macías, 2013).

Al invertir en acciones no se tiene un rendimiento asegurado debido a que este depende de la situación de la empresa. Comúnmente se obtienen grandes beneficios, aunque han existido excepciones. Sin embargo, los tipos de ganancias que produce este instrumento son:

- ✓ De capital: Causadas por un incremento en el precio de la acción al momento de venderla.
- ✓ Por dividendos: Cuando los accionistas reparten una parte de las utilidades.

Las acciones se recomiendan para quienes buscan altos rendimientos (no se garantizan) y su horizonte de inversión es a largo plazo (3 a 5 años). El portafolio cuenta con las siguientes cinco acciones:

1. Grupo Bimbo, S.A.B. de C.V (BIMBO).
2. Fomento Económico Mexicano, S.A.B. de C.V (FEMSA).
3. El Puerto de Liverpool, S.A.B. de C.V (LIVEPOL).
4. Grupo Financiero Banorte, S.A.B de C.V. (GFNORTE).
5. Grupo Sanborns, S.A.B de C.V. (GSANBOR).

Mercado de Dinero: En este se negocian principalmente instrumentos de deuda a corto plazo, con bajo riesgo y con alta liquidez que son emitidos por el gobierno, empresas e instituciones financieras. Estos instrumentos se emiten con el propósito de conseguir dinero para financiar proyectos de crecimiento e inversión. También son conocidos como *obligaciones* porque el gobierno o la empresa contrae el compromiso de pagar al inversionista un premio que es la tasa de interés, la cual puede ser fija o variable (Macías, 2013).

Invertir en el mercado de dinero es recomendable si lo que se busca es seguridad, pues los instrumentos son poco volátiles y casi todos aseguran ganancias, aunque estas son pequeñas. Elizondo Silva (2017) menciona que los activos a comercializar en este mercado son:

1. Instrumentos de deuda a corto plazo.
 - ✓ CETES: Certificados de la Tesorerías de la Federación son títulos de crédito al portador en los que se consigna la obligación de su emisor, el Gobierno Federal, de pagar en una fecha predeterminada.
 - ✓ Aceptaciones bancarias: Es una letra de cambio emitida por un banco como respaldo del préstamo que hace a una empresa.
 - ✓ Papel comercial: Es un pagaré negociable emitido por empresas que participan en el mercado de valores.

- ✓ Pagaré con rendimiento liquidable al vencimiento: Conocidos como los PRLV's, títulos de corto plazo emitidos por instituciones de crédito. Ayudan a cubrir la captación bancaria y alcanzar el ahorro interno de los particulares.
2. Instrumentos de deuda a mediano plazo.
 - ✓ Pagaré de mediano plazo: Título de deuda emitido por una sociedad mercantil mexicana con la facultad de contraer pasivos y suscribir títulos de crédito.
 3. Instrumentos de deuda a largo plazo.
 - ✓ Udibonos: Este instrumento está ligado al Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), su objetivo es proteger al inversionista de las alzas inflacionarias y está avalado por el Gobierno Federal.
 - ✓ BondesD: Bonos de desarrollo emitidos por el Gobierno Federal.
 - ✓ Bonos BPAS: Emisiones del Instituto para la Protección al Ahorro Bancario (IPAB), con el fin de hacer frente a sus obligaciones contractuales y reducir gradualmente el costo financiero asociado a los programas de apoyo a los ahorradores.
 - ✓ Certificado Bursátil: Es un instrumento de deuda a mediano y largo plazo, emitidos por Sociedades de Inversión, Entidades Públicas o Financieras y pueden estar en pesos o en unidades de inversión (UDIS).

El modelo únicamente cuenta con instrumentos de deuda a largo plazo, puesto que los activos elegidos en el mercado de divisa y valores son para un periodo mayor a 3 años; usted puede elegir entre los siguientes:

1. Certificados Bursátiles Bancarios.
 - ✓ CSBANCO 14-2: Emitido por Consubanco S.A.
 - ✓ BINTER 14-2: Emitido por el Banco Interacciones S.A.
2. Bonos Gubernamentales.
 - ✓ BONDESD 180927
 - ✓ BONDESD 181213
 - ✓ BONDESD 190207
 - ✓ BONDESD 190411

3.2.1.2 ¿Cómo funciona el modelo?

Una vez que usted conoce los conceptos generales le será más fácil emplear el modelo, el cual está conformado por tres pantallas: menú de inicio, portafolio y resultados.

Menú de inicio: Aquí encontrará una pequeña introducción sobre la importancia de conocer el riesgo al invertir. El menú se vincula con el manual de usuario y con la siguiente pantalla (portafolio), en la figura 6 se detalla su funcionamiento.

Figura 6. Menú inicio.

Aquí se muestra una pequeña introducción al modelo, se recomienda leer el manual.

A través de este botón usted puede dirigirse al manual de usuario, donde encontrará todo la información respecto al funcionamiento del modelo y algunos conceptos importantes

Al dar clic, usted se dirige a la pantalla de "Portafolio de inversión", donde se lleva a cabo todo el proceso del modelo.

Fuente: Elaboración propia acorde con el funcionamiento del modelo.

Portafolio: Esta es la pantalla principal, ya que a partir de los datos colocados aquí se calcula el VaR. Se aconseja seguir el llenado de la siguiente manera:

1. Monto de la inversión: Usted puede digitar la cantidad que desea invertir, pero se aconseja asignar un monto mínimo de \$10,000 pesos para que VaR obtenido sea significativo.
2. Simulaciones: Representa el total de datos históricos a contemplar para el cálculo del VaR. En caso de elegir el instrumento 94_CSBANCO_14-2 el programa condiciona el número de simulaciones a 500.

Al escoger la cantidad de observaciones debe tomarse en cuenta que periodos cortos permiten a las estimaciones de VaR, reaccionar más rápido a los cambios en los mercados. Por su parte, las series de datos largos permiten obtener distribuciones de retornos mejor elaboradas, pero pueden no reflejar la situación actual del mercado (Jorion, 2004).

3. Nivel de confianza: Refleja la confiabilidad de calcular el VaR y su rango oscila del 90% a 99%. Se interpreta de la siguiente forma: al elegir el 95% usted tiene esa probabilidad de que el cálculo sea correcto y el 5% restante de que sea incorrecto.

Los siguientes dos apartados funcionan bajo la condición de siempre elegir cinco instrumentos.

4. Diversificación del portafolio: Se debe designar un porcentaje a cada tipo de mercado (divisa, valores y dinero), esto con el objetivo de tener una verdadera diversificación. En la figura 7 se indican las casillas (señaladas en color verde) en donde se coloca el porcentaje de participación, las cuales sumarán en total 100%. El porcentaje asignado al mercado de dinero será subdividido (casillas señaladas en amarillo) entre el instrumento bancario y los gubernamentales, para estos últimos el porcentaje se divide en partes iguales mediante un proceso interno del modelo, observe la figura 3 del capítulo 2.
5. Elección de los instrumentos: La condición es elegir siempre un instrumento del mercado de divisa, uno de valores y tres de dinero. La elección de los últimos tres se subdivide en un papel bancario y dos gubernamentales (señalados en color amarillo y naranja en la figura 7).
6. Botón VaR: Este botón tiene la función de verificar que el llenado del formulario sea correcto, en caso de existir un error aparecerá un mensaje. En cambio, si los datos se han llenado correctamente el modelo realizará el cálculo del VaR y una vez finalizado mostrará la pantalla de resultados. Es importante aclarar que se deben esperar unos segundos durante esta tarea (10 a 50 segundos).

Figura 7. Portafolio de inversión.

1) Coloque el monto que desea invertir. Únicamente números enteros y se recomienda poner montos mayores a \$10,000 pesos.

2) Elija el número de simulaciones, el rango oscila de 100 a 500.

3) Defina el nivel de confianza, rango del 90% al 99%.

4) Diversificación
La suma de los tres porcentajes debe ser igual a 100%.

5) Elección de instrumentos
En estos apartados sólo puede elegir un instrumento.

6) Al dar clic se inicia el cálculo del Valor en Riesgo y una vez que termina muestra la pantalla de resultados.

Permite regresar el Menú de Inicio

4) La suma del porcentaje de participación de los papeles Bancarios y Gubernamentales debe ser igual al asignado a Mercado de Dinero

5) En este apartado deberá seleccionar dos instrumentos.

Fuente: Elaboración propia acorde con el funcionamiento del modelo.

Resultados: A partir de los datos obtenidos en esta pantalla usted puede tomar decisiones. En caso de querer modificar algún instrumento o su diversificación sólo debe presionar el botón volver a calcular. Finalmente, al presionar salir el programa se cierra.

Figura 8. Resultados.

Resultados

El Valor en Riesgo del portafolio es: **\$ 4,973.78 pesos**

De acuerdo con la diversificación elegida (Gráfico I) usted está tomando un riesgo diario del .5% respecto al monto que desea invertir (\$ 1,000,000 pesos). En la siguiente tabla encontrará el VaR por instrumento:

Valor en Riesgo por Instrumento				
CANADIENSE	LIVERPOOL	94_CSBANCO_14-2	LD_BONDES_180927	LD_BONDES_190207
\$ 38,006.65	\$ 2,157.37	\$ 329.80	\$ 890.11	\$ 1,080.74

Para reducir la exposición al riesgo puede disminuir el porcentaje de participación del instrumento con mayor riesgo: **CANADIENSE**

Los resultados fueron calculados con un nivel de confianza del 95% y contemplando 500 días de historia.

Gráfico I. Diversificación del portafolio

En estos apartados usted puede ver a detalle los resultado del Valor en Riesgo

Puede regresar a la pantalla de "Portafolio de Inversiones"

Al dar clic se cierra la interfaz y el libro de Excel.

Fuente: Elaboración propia acorde con el funcionamiento del modelo.

3.3 Resumen.

En este último capítulo se presentaron las pruebas de experimentación que dieron pauta para afirmar que, el modelo creado es correcto y cumple con todas las características del problema de estudio. También se presenta un manual donde se detalla el funcionamiento del modelo, para que el usuario no tenga problemas al interactuar con este. Una vez que ha leído este capítulo, usted está listo para probar el programa.

CONCLUSIONES.

Partiendo del objetivo planteado este se cumple de manera óptima al exhibir un modelo de simulación en computadora. El cual comparado con los existentes: es fácil de manejar y entender, es de acceso internacional (debido a que esta creado en Excel) y cuenta con una verdadera diversificación. Además, permite observar como el VaR se ve afectado de manera negativa cuando la mayor parte de la diversificación se encuentra en instrumentos de alta volatilidad o viceversa; ocasionando que el usuario genere sensibilidad respecto a la variación de los instrumentos, encuentre el nivel óptimo de riesgo que desea correr y establezca medidas para evitar un mal manejo de sus inversiones.

Asimismo, este cumple con todas las características de un buen modelo.

1. Fácil de entender para el usuario
2. Fácil de manipular y controlar por parte del usuario; es decir, debe ser sencillo comunicarse con el modelo.
3. Dirigido a metas u objetivos
4. Sensato
5. Completo
6. Adaptable
7. Evolutivo

Las primeras dos de cumplen dado que el modelo cuenta con una interfaz (UserForm) que el usuario puede manipular sin necesidad de tener contacto con las hojas de cálculo de Excel. Además, se dispone de un manual de usuario donde se explica a detalle el funcionamiento y algunos conceptos relacionados con el modelo; por ello, este puede ser empleado por personas que no tengan conocimientos sobre inversiones e incluso por quienes no lean el manual; debido a que la interfaz es intuitiva. Es decir, el usuario es capaz de aprender el funcionamiento mediante prueba y error, porque el modelo cuenta con las restricciones necesarias para que el llenado sea correcto.

Las características tres, cuatro y cinco se satisfacen derivado de que el modelo da una respuesta sencilla y completa, que es el VaR. También, da a conocer cuál es el instrumento que genera mayores pérdidas y recomienda disminuir el porcentaje de inversión designado a dicho activo. Esto hace que intuitivamente el usuario pueda ir conociendo cual es el instrumento es más riesgoso y como reducir su exposición a este.

Las cualidades seis y siete se consideran debido a que el modelo fue creado de acuerdo con la metodología de creación de modelos, originando que este sea flexible a futuras modificaciones, algunos de los cambios que pudieran generarse son: la implementación de más instrumentos financieros, incluir el rendimiento del portafolio, encuesta del perfil de inversionista, proponer combinaciones óptimas de acuerdo con el inversionista, ente otras.

La característica de evolutivo tiene alta relevancia ya que se busca que cualquier modelo creado sirva para el futuro, es importante aclarar que antes de realizar alguna modificación, el desarrollador deberá entender completamente el funcionamiento para no cometer errores. Igualmente, en caso de no evolucionar el modelo, cualquier usuario puede crear uno propio basado en el VaR – Montecarlo, si sigue a detalle cada uno de los pasos la hoja de cálculo Montecarlo del libro de Excel y este escrito.

Por todo lo anterior, se concluye que el modelo satisface la frase: *El mejor modelo es, el que siendo el más simple puede resolver determinado problema con el grado de exactitud requerido.*

RECOMENDACIONES.

Como se mencionó en las conclusiones una de las características principales en la creación de modelos es la evolución, por lo cual este trabajo da apertura a enriquecer este proyecto, obteniendo así las recomendaciones:

- ✓ Generar un trabajo de optimización, esto se puede llevar a cabo al implementar el rendimiento del portafolio y realizar un comparativo con el riesgo, creando escenarios suficientes para que en la pantalla resultados se indique cual es el mejor escenario de acuerdo con la elección del usuario.
- ✓ Implementar un cuestionario de perfil de inversión y al conocer los resultados el modelo recomiende al usuario en que instrumentos le conviene invertir o se haga un prellenado del portafolio basándose en su perfil.
- ✓ Incluir activos del mercado de derivados para tener más diversificación en el modelo.
- ✓ Agregar la metodología de VaR – Histórico para mostrar las diferencias de cálculo y resultados.
- ✓ Volver aún más dinámico el modelo dejando que el usuario elija, ¿con cuántos instrumentos financieros desea conformar su portafolio?
- ✓ Al añadir instrumentos financieros del mercado de dinero y derivados será indispensable agregar el código que permite calcularlos o en su caso describir puntualmente como se determina su precio sucio.
- ✓ Conservar este proyecto con un disco anexo donde se encuentre el modelo, en la biblioteca de la Unidad Académica Profesional de Cuautitlán Izcalli para fines didácticos.

REFERENCIAS.

- Alonso, J., & Arcos, M. (2006). Valor en Riesgo: Evaluación del desempeño de diferentes metodologías para 7 países latinoamericanos. *Departamento de Economía – Universidad ICES*, 27.
- Andrés Artusso, P. (26 de Abril de 2014). *¿Cómo medir el riesgo de una inversión financiera?* Obtenido de Carta Financiera:
<http://www.cartafinanciera.com/finanzas-personales/como-medir-el-riesgo-de-una-inversion-financiera>
- Anónimo. (Diciembre de 2008). *Conceptos básicos del mercado de valores*. Obtenido de Superintendencia Financiera de Colombia:
<https://www.superfinanciera.gov.co/SFCant/ConsumidorFinanciero/conceptosbasicosmv.pdf>
- Ávila Bustos, J. C. (2005). *Medición y control de riesgos financieros en empresas del sector real (Trabajo de grado)*. Bogotá: Pontifica Universidad Javeriana.
- Azofeifa, C. (10 de Junio de 2017). *Aplicación de la Simulación Monte Carlo en el cálculo del riesgo usando Excel*. Obtenido de Tecnología en Marcha Vol. 17:
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835801.pdf>
- Banco de México. (09 de Marzo de 2017). *Imagen del Valor en Riesgo*. Obtenido de Sistema de Información Económica:
<http://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CP173§or=20&locale=es>
- Banco de México. (Agosto de 2018). *Bondes D Bonos de Desarrollo del Gobierno Federal*. Obtenido de Banco de México:
<http://www.anterior.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/subastas-y-colocacion-de-valores/primarias-de-valores-gubernamentales/notas-tecnicas-y-titulos-multiples/%7B9FA94358-BF15-2D03-D008-D5A6D4EF18EC%7D.pdf>
- Banco Interacciones. (Diciembre de 2017). *Prospecto Binter 14-2*. Obtenido de Banco Interacciones:
[https://www.bancointeracciones.mx/images/contenidos/legal/prospectos/Suplemento-CBs-BINTER-14-2-\(vf\).pdf](https://www.bancointeracciones.mx/images/contenidos/legal/prospectos/Suplemento-CBs-BINTER-14-2-(vf).pdf)
- Banco Multiva. (2014). *Administración Integral de Riesgos*. México: Banco Multiva.
- Banks, J., Carson, J. S., & Nelson, B. L. (1996). *Discrete-Event System Simulation*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Campos Salvatierra, O. (26 de Mayo de 2010). *Modelos y Simulación*. Obtenido de Slide Share: <https://es.slideshare.net/jaisraal/modelos-de-simulacion>
- Castillo Carranco, N. (2011). *VaR: Análisis para inversiones en divisas (Tesis)*. Obtenido de UNAM:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/4660/1/Tesis.pdf>.

- Chiang , A., & Wainwright, K. (2006). *Métodos fundamentales de economía matemática*. México: McGraw-Hill.
- CNBV. (2018). *Glosario de términos* . Obtenido de Portafolio de información: https://portafolioinfoctos.cnbv.gob.mx/Documentacion/minfo/00_DOC_R1.pdf
- CONDUSEF. (2018). ¿No sabes qué hacer con tus ahorros? *Haz crecer tu dinero*, 50.
- Consubanco. (Julio de 2017). *Prospecto CSBanco 14-2*. Obtenido de Consubanco: <https://www.consubanco.com/assets/pdf/mas-sobre-consubanco/informacion-para-inversionistas/informacion-regulatoria/prospecto-y-suplemento/CSBANCO14/CSBANCO14.pdf>
- Contreras, E., & Lamothe, P. (2008). Metodologías basadas en el VaR para el análisis de riesgo en proyecto de embalses. *Revista Ingeniería de Sistemas*, 23.
- Counseling, P. C. (06 de Enero de 2017). *Cómo educas a sus hijos en la cultura del ahorro*. Obtenido de Premier Consumer Credit Counseling: <https://www.librededeudas.com/articles/budget-and-goals/how-to-teach-children-the-culture-of-saving>
- De Lara Haro, A. (2015). *Médción y control de riesgos financieros*. México: LIMUSA.
- Deaton, B. (2016). Decomposition of portfolio risk into independent factors using an inductive causal search algorithm. *Risk Journal* 19, 43-61.
- Diccionario Actual*. (05 de Julio de 2017). Obtenido de Diccionario Actual: <https://diccionarioactual.com/invertir/>
- Domínguez Mondragón, A. (2015). *Modelo de Markowitz y Simulación Monte Carlo aplicados a un portafolio de inversión con acciones del IPC. 2013-2015*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Elizondo Silva, E. M. (15 de Mayo de 2017). *El mercado de valores de México*. Obtenido de Universidad Autónoma de Nuevo León: <http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020148198/1020148198.PDF>
- Faulín, J., & Juan, Á. (10 de Junio de 2017). *Simulación de Monte Carlo con Excel*. Obtenido de Ciencia y Técnica Administrativa: http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/monte_carlo/monte_carlo.htm
- Feria, J. (2005). *El riesgo de Mercado: su medición y control*. España: Delta publicaciones.
- Fishman, G. (1978). *Conceptos y métodos en la simulación digital de eventos discretos*. México: Limusa.
- García Fulgencio, S. (2016). Administración de riesgos. *Administración de riesgos financieros*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- García Fulgencio, S. (2017). Sistemas, modelos y simulación. *Modelos y simulación*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- García Sánchez, Á., & Ortega Mier, M. (2006). *Introducción a la simulación de sistemas discretos*. Obtenido de www.iol.etsii.upm.es/arch/intro_simulacion.pdf
- García Villalón, J. (2016). *Enfoques diferentes para medir el valor en riesgo (VaR) y su comparación. Aplicaciones*. España: Universidad de Valladolid.

- Greene, W. (2008). *Análisis econométrico*. España: Prentice Hall.
- Grijalva Yauri, Y. (2009). *Capítulo 8. Introducción al método de simulación Montecarlo*.
Obtenido de Métodos cuantitativos para los negocios 2009:
<https://uplamcdn.files.wordpress.com/2009/04/libro-cap-08.pdf>.
- Gujati, D., & Porter, D. (2009). *Econometría*. México: McGraw-Hill.
- HuajianYan, B., & Du, Z. (2016). Rating-transition-probability models and Comprehensive Capital Analysis and Review stress testing: methodologies and implementation. *Journal of Risk ModelValidation*, 1-16.
- Jorion, P. (2004). *Valor en Riesgo. El nuevo paradigma para el control de riesgo derivados*. México: Limusa Noriega.
- Law, A., & Kelton, W. (1991). *Simulation Modeling & Analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Lodoño Estrada, C., Arias Serna, M., & Murillo Gómez, J. (2015). *Medidas de riesgo financiero en la optimización de inventarios: Un caso de las empresas prestadoras de servicios de telecomunicaciones*. Colombia: Universidad de Medellín.
- Macías, S. (2013). *Pequeño cerdo capitalista: Inversiones para hippies, yuppies y bohemios*. México: Aguilar.
- Malagón Bolaños, E. (2010). *Diseño de software para el cálculo del VaR (Tesis)*.
Obtenido de UNAM:
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3923/tesis.pdf?sequence=1>.
- Mendoza Escamilla, V. (27 de Julio de 2012). *¿Cómo medir el riesgo de mi inversión?*
Obtenido de Expansión: <https://expansion.mx/mi-dinero/2012/07/13/como-medir-el-riesgo-de-mi-inversion>
- Menichini, A. (13 de Noviembre de 2004). *Value at Risk. Metodología de Administración del Riesgo Financiero*. Obtenido de
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87713709>
- Minsky, M. (1972). *Computation: Finite and Infinite Machines*. Massachussetts.
- N. Alonso. (26 de Junio de 2018). *Simulación Monte Carlo*. Obtenido de bdigital:
www.bdigital.unal.edu.co/4748/2/nelcyyazminninoalfonso.2011.parte2.pdf
- Ortiz, E. (2007). *Finanzas y productos derivados: Contratos adelantados, futuros, opciones y swaps*. México: UNAM.
- Pérez Sánchez, A. (11 de Febrero de 2015). *Las inversiones más catastróficas de la historia*. Obtenido de Finanzas y Economía: <http://www.finanzas.com/las-peores-inversiones-de-la-historia>
- Reyes García, J. (Septiembre de 2016). *Macros VBA Excel*. México: RYSC Consulting services and coaching.
- Rincón, L. (2014). *Introducción a la probabilidad*. México: Las prensas de ciencias.
- Rodríguez Mendoza, C. (8 de Junio de 2017). *Diccionario de Economía*. Obtenido de EUMED: <http://www.eumed.net/diccionario/dee/dee.pdf>.

- Rodríguez, L. (Marzo de 2011). *Simulación, Método de Montecarlo*. Obtenido de https://previa.uclm.es/profesorado/licesio/docencia/mcoi/tema4_guion.pdf.
- Ross. (1999). *Simulación*. México: Ed. Prentice Hall.
- Samuelson, P., & Nordhaus, W. (2010). *Economía con aplicaciones a Latinoamérica*. México: McGraw-Hill.
- Sánchez Cerón, C. (2001). *Valor en Riesgo y otras aproximaciones*. México: Valuación, Análisis y Riesgo, S.C.
- Santiago, J. (15 de Noviembre de 2017). El mercado bursátil necesita más inversionistas. *El economista*. Obtenido de El economista: <https://www.economista.com.mx/mercados/El-mercado-bursatil-necesita-mas-inversionistas-20171115-0126.html>
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público, S. (15 de Abril de 2017). *Prospecto*. Obtenido de Banco de México, BANXICO: <http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/intermedio/subastas-y-colocacion-de-valores/primarias-de-valores-gubernamentales/notas-tecnicas-y-titulos-multiples/%7B9FA94358-BF15-2D03-D008-D5A6D4EF18EC%7D.pdf>.
- Shannon, R. E. (1988). *Simulación de sistemas. Diseño, desarrollo e implementación*. México: Trillas.
- Tarifa, E. (2001). *Teoría de modelos y simulación*. San Salvador: Facultad de ingeniería-Universidad Nacional de Jujuy.
- Torres Remon, M. (2016). *Aplicaciones VBA con Excel*. México: Alfaomega Grupo Editor.
- UAEMEX. (01 de Marzo de 2017). *Licenciatura en Actuaría*. Recuperado el 06 de 03 de 2017, de Unidad Académica Profesional de Cuautitlan Izcalli, (UAPCI): http://web.uaemex.mx/uapci/lic_actuarial.html
- Wolniak, K. (22 de Noviembre de 2016). *Cómo ahorrar dinero*. Obtenido de Aprendiz Financiero: <http://www.aprendizfinanciero.com/como-ahorrar-dinero/>
- Zacharie, A. (25 de Agosto de 2018). *Los mercados financieros*. Obtenido de Rebelión: <http://www.rebellion.org/docs/5713.pdf>

GLOSARIO.

Activo financiero: Es el efectivo, créditos, deuda, acciones, depósitos, entre otros de las instituciones.

Bolsa de valores: Institución privada, constituida como Sociedad Anónima de Capital Variable, que tiene por objeto facilitar las transacciones con valores y procurar el desarrollo del mercado respectivo; establecer locales, instalaciones y mecanismos que faciliten las relaciones y operaciones de valores; proporcionar y mantener a disposición del público, información sobre los valores inscritos en la bolsa, los listados del sistema de cotizaciones y las operaciones que en ella se realicen; velar por el estricto apego de la actividad de sus socios a las disposiciones que les sean aplicables; certificar las cotizaciones en bolsa; y realizar aquellas otras actividades análogas o complementarias a las anteriores que autorice la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Casa de bolsa: Entidad financiera privada autorizada para actuar en el mercado de valores. Su finalidad principal es la de auxiliar a inversionistas en la compra y venta de diversos tipos de títulos mercantiles tales como bonos, valores, acciones, etc.

Casas de cambio: Las personas morales autorizadas conforme a la Ley General de Organizaciones y Actividades Auxiliares del Crédito para realizar en forma habitual y profesional operaciones de compra, venta y cambio de divisas, incluyendo las que se lleven a cabo mediante transferencia o transmisión de fondos, con el público dentro del territorio nacional.

Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV): Órgano desconcentrado de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público responsable de la supervisión y regulación de las entidades financieras y de las personas físicas, y demás personas morales cuando realicen actividades previstas en las leyes relativas al sistema financiero, cuyo fin es proteger los intereses del público.

Correlación: Relación lineal entre dos variables aleatorias describiendo el movimiento conjunto entre estas. Los coeficientes de correlación están estandarizados. Por lo tanto,

una relación lineal perfecta da como resultado un coeficiente de 1. La correlación mide tanto la fuerza como la dirección de la relación lineal entre dos variables.

Covarianza: Relación lineal entre dos variables aleatorias describiendo el movimiento conjunto entre estas. Los valores de covarianza no están estandarizados. Por consiguiente, la covarianza puede ir desde infinito negativo hasta infinito positivo. Por lo tanto, el valor de una relación lineal perfecta depende de los datos. Puesto que los datos no están estandarizados, es difícil determinar la fuerza de la relación entre las variables.

Desviación estándar: Es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos.

Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC): Es un indicador económico. Su finalidad es medir a través del tiempo la variación de los precios de una canasta de bienes y servicios representativa del consumo de los hogares mexicanos.

Inflación: Es la tasa de crecimiento promedio de un período a otro de los precios de una canasta de bienes y servicios.

Instrumento financiero: Es un contrato que da lugar a un activo financiero de una entidad y a un pasivo financiero o a un instrumento de patrimonio de otra. Existen dos partes involucradas que van a registrar simultáneamente un mismo contrato. El inversor lo registrará como activo financiero y el emisor lo hará como pasivo financiero si conlleva obligación de pago o, en caso contrario, como instrumento de patrimonio.

Interés: Rédito o tasa de utilidad o ganancia del capital, que generalmente se causa o se devenga sobre la base de un tanto por ciento del capital y en relación al tiempo que de éste se disponga; es decir, es el precio que se paga por el uso de fondos.

Inversionista: Persona que presta a otra los fondos necesarios para la realización de sus actividades económicas. También se denomina así la persona que adquiere títulos o invierte su dinero en algún proyecto para conseguir una ganancia.

Linealidad: Examina qué tan exactas son las mediciones en todo el rango esperado de mediciones. La linealidad indica si el sistema de medición tiene la misma exactitud para todos los valores de referencia. Indica que el valor esperado de la variable dependiente depende linealmente de las variables independientes.

Mercado bursátil: Aquél en que se llevan a cabo las transacciones de títulos realizados por los intermediarios bursátiles, quienes captan los recursos provenientes de ahorradores e inversionistas, nacionales y extranjeros; aplicándolos a una amplia gama de valores que responden a las necesidades de financiamiento de empresas emisoras, instituciones de crédito y organismos gubernamentales.

Mercado financiero: Es aquél en que se lleva a cabo la compra-venta de valores (inversiones financieras). Normalmente se integra por varios mercados subsidiarios: un mercado de capitales (para inversión a largo plazo); un mercado de dinero (para inversiones a corto plazo); un mercado primario (para la nueva emisión de valores); y un mercado secundario (para la compra-venta de valores ya emitidos).

Pasivo financiero: Son los proveedores, deudas, préstamos, obligaciones emitidas, entre otros de las instituciones.

Precio limpio: En Bolsa, precio de los títulos valores una vez descontado el dividendo de las acciones o la cuota de interés de los bonos u obligaciones.

Precio sucio: También conocido como precio completo. Éste es el valor real de un bono incluyendo el valor de cualquier interés acumulado. Esto contrasta con el precio limpio, que no incluye los intereses acumulados. Los mediadores que cotizan precios de bonos por lo general cotizan precios limpios.

Prospecto de colocación: Es el documento que contiene toda la información corporativa, legal y financiera relacionada con la empresa y los valores a listar, que requiere ser revelada con anticipación a la oferta pública.

Regresión a la media: Es un concepto estadístico que hace referencia a que un hecho extremo tiende a aproximarse a la media cuando se realizan sucesivas mediciones.

Renta fija: Rendimiento predeterminado de un capital a un plazo especificado.

Renta variable: Rendimiento que obtiene el propietario de acciones, mismo que varía según las utilidades generadas por la empresa emisora y los dividendos decretados por la asamblea de accionistas.

Requerimiento de capital: Cantidad mínima de dinero que se debe conservar para hacer frente a las obligaciones.

Riesgo estratégico: Es el impacto actual y futuro en los ingresos y el capital que podría surgir de las decisiones adversas de negocios, la aplicación indebida de las decisiones, o la falta de capacidad de respuesta a los cambios de la industria. Este riesgo es una función de la compatibilidad de los objetivos estratégicos de la Entidad, las estrategias desarrolladas para alcanzar dichos objetivos, los recursos utilizados en contra de estos objetivos, así como la calidad de su ejecución. Los recursos necesarios para llevar a cabo las estrategias de negocios son evaluados en relación con el impacto de los cambios económicos, tecnológicos, competitivos y regulatorios.

Riesgo legal: La pérdida potencial por el incumplimiento de las disposiciones legales y administrativas aplicables, la emisión de resoluciones administrativas y judiciales desfavorables y la aplicación de sanciones, en relación con las operaciones que el Banco lleva a cabo.

Riesgo operativo: Se refiere a la pérdida potencial por fallas o deficiencias en los controles internos, por errores en el procesamiento y almacenamiento de las operaciones o en la transmisión de información, así como por resoluciones administrativas y judiciales adversas, fraudes o robos (esta definición incluye al riesgo Tecnológico y Legal).

Riesgo tecnológico: La pérdida potencial por daños, interrupción, alteración o fallas derivadas del uso o dependencia en el hardware, software, sistemas, aplicaciones, redes y cualquier otro canal de distribución de información en la prestación de servicios bancarios con los clientes de la institución.

Tasa de interés: Es el precio que se debe pagar por el dinero; es el porcentaje al que está invertido un capital en un período determinado, lo que se conoce como “el precio del dinero en el mercado financiero”.

ANEXOS.

Anexo A.

La siguiente tabla muestra los conocimientos adquiridos por asignatura a lo largo la licenciatura, los cuales fueron necesarios de aprender para poder desarrollar el presente trabajo.

Materia	Unida I	Unidad II	Unida III	Unidad IV	Unida V
Álgebra Superior	Definiciones y Notación. Clasificación de las proposiciones según el operador lógico que utilizan. Álgebra de proposiciones. Tablas de verdad.	Correspondencia entre dos conjuntos: definición, notación composición, reciproca e imagen. Relaciones binarias: definiciones, notación, dominio, reciprocas, composición e igualdad.		Expresiones algebraicas con desigualdades y valor absoluto, su conjunto solución: Representación gráfica y analítica	Notación factorial. Desarrollo de $(a+x)^n$ para n entero y positivo. Desarrollo de $(a+x)^n$ para valores de n negativos y fraccionarios.
Programación I	Sistemas operativos.	Concepto de algoritmo. Herramientas para construir un programa. Fases de creación de un programa.	Creación de programas en pseudocódigo y comparación con algoritmos. Estructuras adicionales de control. Módulos y subrutinas. Prueba de programas.	Panorámica del lenguaje C. Librería estándar, interfaz con el sistema operativo. Palabras clave de C, identificadores, separadores y comentarios.	Declaración y llamada a una función. Paso de argumentos por valor y por referencia. Funciones para cadenas de caracteres.
Álgebra Lineal		Cálculo de determinantes de orden 2×2 y 3×3 , propiedades de los determinantes, teoremas básicos, regla de Cramer.	Definición, propiedades básicas, subespacios, combinación lineal, generación de un espacio, dependencia e independencia lineal, bases y dimensión, rango y nulidad de una matriz, cambio de base, bases ortonormales y proyecciones.		Multiplicidad geométrica y algebraica. Matrices semejantes y diagonalización. Matrices simétricas y diagonalización ortogonal. Cónicas y superficies cuadráticas
Programación II	Técnicas de programación. Estructuras de control selectivas y repetitivas.	Técnicas de programación modular. Funciones estándar. Funciones definidas por el usuario. Tipos de datos estándar. Tipos de datos definidos por el usuario.	Arreglos unidimensionales. Arreglos bidimensionales. Arreglos multidimensionales. Ordenación de arreglos unidimensionales. Búsqueda en arreglos unidimensionales. Mezcla de arreglos.	Archivos secuenciales. Archivos de acceso aleatorio. Organización de archivos. Operaciones con archivos. Tratamiento de archivos. Mantenimiento de archivos.	

Materia	Unida I	Unidad II	Unida III	Unidad IV	Unida V
Teoría del Interés	<p>Función acumulada. Función del monto. Tasa efectiva de interés y de descuento. Tasa nominal de interés y de descuento. Interés Simple y sus variables: plazo, valor presente, monto, tasa de interés y de descuento.</p>	<p>Interés Compuesto y sus variables: plazo, valor presente, monto, tasa de interés y de descuento. Fuerza del interés y del descuento. Interés variable. Tasas equivalentes. Ecuaciones de valor. Tasa de rendimiento.</p>	<p>Clasificación de las anualidades. Anualidades anticipadas. Anualidades vencidas. Anualidades en cualquier fecha. Perpetuidades. Obtención del tiempo o plazo. Obtención de la tasa de interés.</p>	<p>Anualidades con interés variable. Anualidades que no involucran interés compuesto Anualidades con periodo de pago diferente a la conversión de la tasa de interés.</p>	<p>Anualidades Continuas. Anualidades Variables Básicas. Anualidades Variables Generales. Anualidades Variables Continuas.</p>
Estadística descriptiva y Probabilidad	<p>Definición de estadística y probabilidad. Variables y escalas de medición.</p>	<p>Espacios muestrales. Eventos. Probabilidad de un evento. Probabilidad condicional. Eventos dependientes e independientes.</p>		<p>Distribución y esperanza de una variable aleatoria finita. Varianza y desviación estándar. Variables aleatorias independientes. Funciones de una variable aleatoria.</p>	<p>Variables aleatorias discretas. Variables aleatorias continuas. Función de distribución acumulativa. Función generatriz de momentos y covarianza.</p>
Matemáticas Financieras Avanzadas		<p>Unidad de la tasa de rendimiento. Tasas de reinversión. Medida de interés de un fondo. Tasas de interés ponderadas por tiempo. Métodos de portafolio y de inversión anual.</p>	<p>Esquemas de amortización. Fondos para pago de un préstamo. Periodos de pago diferidos y periodos de conversión de la tasa de interés. Series de pagos variables.</p>	<p>Tipos de instrumentos financieros. El precio de un bono. Bonos a premio y a descuento. Valuación de bonos entre fecha de pago cupón.</p>	<p>Determinación de la tasa de rendimiento de un bono. Otros instrumentos financieros. Valuación de instrumentos financieros.</p>
Derecho del Seguros, Bancario y Bursátil.	<p>Identificar las principales leyes, códigos y reglamentos que regulan el sector bancario, bursátil y del seguro. Describir la estructura del Sistema Financiero Mexicano, enmarcando al sector bancario, bursátil y del seguro.</p>		<p>Reconocer las Instituciones que regulan y supervisan el sector bancario, bursátil y del seguro Describir las principales funciones de cada Institución.</p>	<p>Analizar las operaciones de las Instituciones de Seguros, Bancos y sector Bursátil.</p>	

Materia	Unida I	Unidad II	Unida III	Unidad IV	Unida V
Mercados Financieros	Comprender las funciones y la clasificación del sistema financiero mexicano. Identificar la estructura del sistema financiero mexicano.	Ubicar los tipos de mercados. Revisar las funciones de la BMV. Comprender las reglas de operación de la BMV.	Ubicar los problemas del análisis de la inversión Inversión en Renta Fija Mercado de dinero. Instrumentos del Mercado Bursátil. Tipos de operación. Valuación de instrumentos. Indicadores de Referencia.	Ubicar los activos de renta variable. Sociedades de inversión. Instrumentos de deuda. Instrumentos de cobertura.	Comprender el funcionamiento del MEXDER. Revisar los tipos de derivados. Derivados sobre índices accionarios, tipos de cambio y commodities. Futuros. Opciones.
Administración Financiera	Identificar el objetivo e importancia de las finanzas Conocer el campo de acción de las finanzas Identificar las funciones del administrador financiero			Administración del efectivo. Administración del crédito.	
Macroeconomía		La Política Monetaria y la Política Fiscal. La política Monetaria. Tipo de Cambio a Largo Plazo.			
Administración de Riesgos Financieros	La administración de riesgos financieros y la empresa. Clasificación de riesgos financieros. Riesgo de la tasa de interés. Riesgo del tipo de cambio. Riesgo del crédito. Riesgo de liquidez. Riesgo legal o derivado de los efectos fiscales. Riesgo operativo. Riesgo de reputación.	Riesgo País. Riesgo Económico. Riesgo de Inflación. Riesgo de Volatilidad. Tipos de volatilidad. Volatilidad y series de tiempo. Los modelos de varianza ARCH y GARCH.	Valuando el riesgo en portafolios simples La varianza del portafolio La correlación (covarianza) y el VaR del portafolio. No normalidad. La distribución normal estandarizada. La teoría del valor extremo. Medición del riesgo.	Tasas de interés y estructura de tasas de interés. Tasas de interés futuras o forwards. Productos derivados. Valor en riesgo: para un (portafolios de) instrumento de deuda (con mapeo). VAR para posiciones de futuros y forwards. VAR en contratos de futuros de tasas de interés (FRA). VAR de SWAPS de tasa de interés.	Simulación histórica. Simulación histórica ponderada. Simulación de Montecarlo. Valor en riesgo para un activo con el modelo Montecarlo.

Materia	Unida I	Unidad II	Unida III	Unidad IV	Unida V
Análisis de Regresión	El Modelo Lineal Simple. Estimación de los parámetros por el método de MCO. Coeficiente de Determinación. Estimación de los parámetros por Máxima Verosimilitud.	Intervalos de confianza y pruebas de hipótesis sobre los parámetros.			
Series de Tiempo	Conceptos y operación de Ciclo, tendencia y estacionalidad. Concepto y operación de Estacionariedad.	Formulación de modelos ARMA univariados.			
Modelos y Simulación	Conceptos elementales de sistemas. Enfoque, concepto y propiedades de sistemas. Entidad, Relación y Estructura. Estado y jerarquía de sistemas. Conceptos básicos de simulación. Definición de un sistema en simulación y simulación.	Metodología de la simulación: elementos y fases. Tipos de simulación y áreas de aplicación. Ventajas y desventajas de la simulación. Modelado de Sistemas. Definición de modelo. Estructura de los modelos de simulación.	Clasificación de los modelos. Criterios para realizar un buen modelo. Riesgos en la Elaboración de un modelo.	Enfoques generales para la generación de variables aleatorias. El método de la transformada inversa, El método de composición. El método de convolución. La técnica de aceptación y rechazo. Generación de variables aleatorias continuas. Uniformes. Exponenciales. Normal	Probabilidad condicional e independencia. Estimación de medias, varianzas y correlaciones. Pruebas de hipótesis e intervalos de confianza para la media. Esperanza y varianza condicionales. La técnica bootstrap para estimar errores cuadráticos medios. Enfoques de series de tiempo.

Anexo B.

Código empleado para calcular el rendimiento de los factores de riesgo.

```
Sub rendimiento()  
simulacion = Worksheets("MONTECARLO").Range("J5") + 1 'X  
indice = 17 + simulacion  
lg11 = 0  
lg1 = 0  
lg2 = 0  
lg3 = 0  
lg4 = 0  
lg5 = 0  
lg6 = 0  
lg7 = 0  
lg8 = 0  
lg9 = 0  
lg10 = 0  
For m = 19 To indice  
lg11 =  
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(  
"E" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("E" & m -  
1).Value))  
If lg11 = 0 Then  
Worksheets("MONTECARLO").Range("P" & m).Value =  
Worksheets("MONTECARLO").Range("P" & m - 1).Value  
Else  
Worksheets("MONTECARLO").Range("P" & m).Value = lg11  
End If  
lg1 =  
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(  
"f" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("f" & m -  
1).Value))  
If lg1 = 0 Then  
Worksheets("MONTECARLO").Range("Q" & m).Value =  
Worksheets("MONTECARLO").Range("Q" & m - 1).Value  
Else  
Worksheets("MONTECARLO").Range("Q" & m).Value = lg1  
End If  
lg2 =  
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(  
"G" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("G" & m -  
1).Value))  
If lg2 = 0 Then
```

```

Worksheets("MONTECARLO").Range("R" & m).Value =
Worksheets("MONTECARLO").Range("R" & m - 1).Value
Else
Worksheets("MONTECARLO").Range("R" & m).Value = lg2
End If
lg3 =
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(
"H" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("H" & m -
1).Value))
If lg3 = 0 Then
Worksheets("MONTECARLO").Range("S" & m).Value =
Worksheets("MONTECARLO").Range("S" & m - 1).Value
Else
Worksheets("MONTECARLO").Range("S" & m).Value = lg3
End If
lg4 =
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(
"I" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("I" & m -
1).Value))
If lg4 = 0 Then
Worksheets("MONTECARLO").Range("T" & m).Value =
Worksheets("MONTECARLO").Range("T" & m - 1).Value
Else
Worksheets("MONTECARLO").Range("T" & m).Value = lg4
End If
lg5 =
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(
"J" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("J" & m -
1).Value))
If lg5 = 0 Then
Worksheets("MONTECARLO").Range("U" & m).Value =
Worksheets("MONTECARLO").Range("U" & m - 1).Value
Else
Worksheets("MONTECARLO").Range("U" & m).Value = lg5
End If
lg6 =
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(
"K" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("K" & m -
1).Value))
If lg6 = 0 Then
Worksheets("MONTECARLO").Range("V" & m).Value =
Worksheets("MONTECARLO").Range("V" & m - 1).Value
Else
Worksheets("MONTECARLO").Range("V" & m).Value = lg6
End If

```

```

lg7 =
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(
"L" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("L" & m -
1).Value))
If lg7 = 0 Then
Worksheets("MONTECARLO").Range("W" & m).Value =
Worksheets("MONTECARLO").Range("W" & m - 1).Value
Else
Worksheets("MONTECARLO").Range("W" & m).Value = lg7
End If

lg8 =
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(
"M" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("M" & m -
1).Value))
If lg8 = 0 Then
Worksheets("MONTECARLO").Range("X" & m).Value =
Worksheets("MONTECARLO").Range("X" & m - 1).Value
Else
Worksheets("MONTECARLO").Range("X" & m).Value = lg8
End If

lg9 =
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(
"N" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("N" & m -
1).Value))
If lg9 = 0 Then
Worksheets("MONTECARLO").Range("Y" & m).Value =
Worksheets("MONTECARLO").Range("Y" & m - 1).Value
Else
Worksheets("MONTECARLO").Range("Y" & m).Value = lg9
End If

lg10 =
Application.WorksheetFunction.Ln((Worksheets("MONTECARLO").Range(
"O" & m).Value) / (Worksheets("MONTECARLO").Range("O" & m -
1).Value))
If lg10 = 0 Then
Worksheets("MONTECARLO").Range("Z" & m).Value =
Worksheets("MONTECARLO").Range("Z" & m - 1).Value
Else
Worksheets("MONTECARLO").Range("Z" & m).Value = lg10
End If
Next m
End Sub

```

Anexo C.

A continuación, se muestra un fragmento del prospecto de colocación de los Bondes D donde se puede observar cómo encontrar el precio sucio de este instrumento.

Determinación del precio de los Bondes D

A continuación se presenta una expresión que puede emplearse en la obtención del precio de los BONDES D. Para llegar a esta expresión se realizaron varios supuestos que se harán evidentes al observar las definiciones de las variables utilizadas. Adicionalmente, se recurre al concepto de "sobretasa", que actualmente se emplea para la concertación y valuación de otros títulos con tasa flotante.

Existen varias formas de calcular el valor de la expresión anterior, una de ellas es suponiendo que C_j , r_j , s_j y N_j son constantes para $j = 1, 2, \dots, K$, con lo cual la expresión (1) se reduce a:

$$P = \left(\frac{C_1 + C^* \left[\frac{1}{R} - \frac{1}{R * (1+R)^{K-1}} \right] + \frac{VN}{(1+R)^{K-1}}}{[1+R]^{\left(1-\frac{d}{28}\right)}} \right) - I_{dev} \quad (2)$$

donde:

C_1 = Monto esperado del pago de intereses actual:

$$C_1 = VN * \frac{28 * TC_1}{36000}$$

TC_1 = Tasa anual esperada para el siguiente pago de intereses, expresada en porcentaje con redondeo a dos decimales:

$$TC_1 = \left[\left(1 + TC_{dev} \frac{d}{36000} \right) \left(1 + \frac{r}{36000} \right)^{28-d} - 1 \right] \frac{36000}{28}$$

r = "Tasa ponderada de fondeo bancario" publicada el día hábil anterior a la fecha de valuación, expresada en términos porcentuales con redondeo a dos decimales.

C = Monto esperado para los pagos de intereses 2,...,K:

$$C = VN * \frac{28 * TC}{36000}$$

TC = Tasa anual esperada para los pagos de intereses 2,3,...,K

$$TC = \left[\left(1 + \frac{r}{36000} \right)^{28} - 1 \right] * \frac{36000}{28}$$

R = Tasa de interés efectiva para descontar los flujos la cual se obtiene de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$R = \left[\left(1 + \frac{r + s}{36000} \right)^{28} - 1 \right]$$

s = sobretasa

EJEMPLO PRÁCTICO

El 27 de julio de 2006 el Gobierno Federal emite BONDES D con las siguientes características:

Valor Nominal:	100 pesos
Fecha de Emisión:	27 de julio de 2006
Fecha de Vencimiento:	26 de julio de 2007
Plazo:	364 días
Plazo del cupón:	28 días

El 1° de agosto de 2006 el Gobierno Federal decide subastar BONDES D emitidos el 27 de julio de 2006. La fecha de liquidación es el 2 de agosto. En esa fecha, a los títulos les faltarán 358 días para vencimiento, el plazo de pago del primer cupón es de 28 días y los días transcurridos del primer cupón son 6.

Supóngase que un inversionista tiene asignación en la subasta de estos títulos, cuya postura a "precio limpio" (sin incluir los intereses devengados) es de \$99.87824 con monto solicitado de \$400'000,000.00.

Para calcular la liquidación, se deberá sumar al "precio limpio" los intereses devengados del primer cupón, de acuerdo a lo siguiente.

1. Cálculo de intereses devengados del cupón vigente

Supóngase que:

Fecha	Día	Tasa Ponderada de Fondeo Bancario publicada por el Banco de México
	<i>i</i>	<i>r_i</i>
Jue 27 de julio de 2006	1	7.03 %
Vie 28 de julio de 2006	2	7.02 %
Sáb 29 de julio de 2006	3	7.02 %
Dom 30 de julio de 2006	4	7.02 %
Lun 31 de julio de 2006	5	7.04 %
Mar 1° de agosto de 2006	6	7.06 %

Los intereses devengados del cupón vigente están dados por:

$$TC_{dev} = \left\{ \left(1 + \frac{7.03}{36000} \right) \left(1 + \frac{7.02}{36000} \right) \left(1 + \frac{7.02}{36000} \right) \left(1 + \frac{7.02}{36000} \right) \left(1 + \frac{7.04}{36000} \right) \left(1 + \frac{7.06}{36000} \right) - 1 \right\} * \frac{36000}{6}$$

$$= 7.04 \%$$

$$I_{dev} = 100 * 7.04 * \frac{6}{36000} = \$0.11733333333333$$

Por lo que, el 2 de agosto, el inversionista tendrá que pagar por cada título \$99.87824 del "precio limpio" más \$ 0.11733333333333 de los intereses devengados del cupón vigente, es decir, \$99.995573333333.

2. Cálculo del número de títulos asignados e importe definitivo a liquidar

El número de títulos asignados se calculará de la siguiente manera:

$$\text{truncar} \left(\frac{\$400'000,000.00}{\$99.87824 + \$0.11733333333333} \right) = 4'000,177 \text{ títulos}$$

El importe a liquidar se calculará de la siguiente manera:

$$4'000,177 \text{ títulos} * (\$99.87824 + \$0.11733333333333) = \$399'999,992.55$$

3. Cálculo del precio de un BONDE D dada una sobretasa

Supóngase que el 2 de agosto de 2006 un inversionista quiere conocer el precio asociado a un BONDE D con las características arriba descritas y con una sobretasa de 0.10%.

- l) Para calcular el monto del pago de intereses actual, $C_1 = VN * TC_1 * \frac{28}{36000}$
se tiene que:

$$TC_1 = \left[\left(1 + TC_{dev} \frac{d}{36000} \right) \left(1 + \frac{r}{36000} \right)^{28-d} - 1 \right] * \frac{36000}{28}$$

con

$$r = 7.06\%$$

entonces,

$$TC_1 = \left[\left(1 + 7.04 \frac{6}{36000} \right) \left(1 + \frac{7.06}{36000} \right)^{28-6} - 1 \right] \frac{36000}{28} = 7.07\%$$

$$C_1 = 100 * 7.07 * \frac{28}{36000} = 0.549888888889$$

Para calcular el monto esperado del pago de los siguientes intereses, $C = VN * TC \frac{28}{36000}$

$$TC = \left[\left(1 + \frac{7.06}{36000} \right)^{28} - 1 \right] \frac{36000}{28} = 7.08\%$$

Entonces,

$$C = 100 * 7.08 * \frac{28}{36000} = 0.550666666667$$

La tasa de interés efectiva para descontar los flujos es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 R &= \left[\left(1 + \frac{r+s}{36000} \right)^{28} - 1 \right] \\
 &= \left[\left(1 + \frac{7.06 + 0.10}{36000} \right)^{28} - 1 \right] \\
 &= 0.56\%
 \end{aligned}$$

Sustituyendo C_L, TC_L, TC_{dev}, C y TC en (3) se tiene :

$$P = \left\{ \frac{.549888888889 + .550666666667 \left[\frac{1}{.0056} - \frac{1}{.0056(1+.0056)^{13-1}} \right] + \frac{100}{(1+.0056)^{13-1}}}{(1+.0056)^{1-\frac{6}{28}}} \right\} - 0.117333333333$$

Por lo tanto el precio limpio es \$99.88478.

4. Cálculo de intereses de un período completo

Supóngase que las tasas observadas en el periodo del 27 de julio al 23 de agosto de 2006 son las siguientes:

Fecha	Día	Tasa Ponderada de Fondeo Bancario publicado por Banco de México
	i	r_i
Jue 27 de julio de 2006	1	7.03 %
Vie 28 de julio de 2006	2	7.02 %
Sáb 29 de julio de 2006	3	7.02%
Dom 30 de julio de 2006	4	7.02%
Lun 31 de julio de 2006	5	7.04 %
Mar 1 de agosto de 2006	6	7.06 %
Mié 2 de agosto de 2006	7	7.01%
Jue 3 de agosto de 2006	8	7.01%
Vie 4 de agosto de 2006	9	7.02%
Sáb 5 de agosto de 2006	10	7.02%
Dom 6 de agosto de 2006	11	7.02%
Lun 7 de agosto de 2006	12	7.01%
Mar 8 de agosto de 2006	13	7.01%
Mié 9 de agosto de 2006	14	7.01%
Jue 10 de agosto de 2006	15	7.02%
Vie 11 de agosto de 2006	16	7.01%
Sáb 12 de agosto de 2006	17	7.01%
Dom 13 de agosto de 2006	18	7.01%
Lun 14 de agosto de 2006	19	7.02%
Mar 15 de agosto de 2006	20	7.01%
Mié 16 de agosto de 2006	21	7.01%
Jue 17 de agosto de 2006	22	7.01%
Vie 18 de agosto de 2006	23	7.01%
Sáb 19 de agosto de 2006	24	7.01%
Dom 20 de agosto de 2006	25	7.01%
Lun 21 de agosto de 2006	26	7.01%
Mar 22 de agosto de 2006	27	7.01%
Mié 23 de agosto de 2006	28	7.01%

Con ésta información la Tasa de Interés del primer cupón es:

$$TC_1 = \left\{ \left(1 + \frac{7.03}{36000} \right) \left(1 + \frac{7.02}{36000} \right) \dots \left(1 + \frac{7.01}{36000} \right) \left(1 + \frac{7.01}{36000} \right) - 1 \right\} \frac{36000}{28}$$
$$= 7.03\%$$

El 24 de agosto de 2006 el pago de interés asociado al primer pago de cupón de 1 título está dado por:

$$\begin{aligned} \text{Intereses del primer cupón} &= \frac{VN * TC_1 * N}{36000} \\ &= 100 * [7.03] * \frac{28}{36000} \\ &= \$0.546777777778 \end{aligned}$$

Si un inversionista cuenta con 4'000,000 de títulos, su valor nominal asciende a \$400'000,000.00 por lo tanto recibiría:

$$4'000,000 * (0.546777777778) = \$2'187,111.11 \text{ de intereses en el primer cupón.}$$


```

ge("A" & Q).Value, Worksheets("GOBIERNO").Range("B4:B547"),
Worksheets("GOBIERNO").Range("BB4:BB547"))
End Select
TFB =
Application.WorksheetFunction.Round(Worksheets("MONTECARLO").Range("BT" & Q - 1).Value, 2) 'APLICA EN TODOS
TDEV = Worksheets("MONTECARLO").Range("BQ" & Q).Value * 100
'APLICA EN TODOS
m =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("B" & Q).Value, Worksheets("MONTECARLO").Range("B18:B518"),
Worksheets("MONTECARLO").Range("C18:C518")) 'APLICA EN TODOS
s = Worksheets("MONTECARLO").Range("BP" & Q).Value 'APLICA EN
TODOS
TC = (((1 + (TFB / 36000)) ^ 28) - 1) * (36000 / 28)
d = m - NN
a = (1 + (TDEV * (d / 36000)))
b = ((1 + (TFB / 36000)) ^ (28 - d))
tcUNO = ((a * b) - 1) * (36000 / 28)
VN = 100
CUNO = (VN) * ((28 * tcUNO) / 36000)
CC = (VN) * ((28 * TC) / 36000)
rR = ((1 + ((TFB + s) / 36000)) ^ (28)) - 1
IDEV = (VN) * ((d * TDEV) / 36000)
RESIDUO = (DTRAS Mod 28) / 28
If RESIDUO < 0.5 Then
K = Application.WorksheetFunction.Round(DTRAS / 28, 0) + 1
Else
K = Application.WorksheetFunction.Round(DTRAS / 28, 0)
End If
H = ((1 / rR) - (1 / ((rR) * ((1 + rR) ^ (K - 1)))))
I = (VN / ((1 + rR) ^ (K - 1)))
J = CUNO + I + (CC * H)
l = (1 + R) ^ (1 - (d / 28))
PRECIOLIMPIOLD = (J / l) - IDEV
PRECIOSUCIOLD = PRECIOLIMPIOLD + IDEV
Worksheets("MONTECARLO").Range("CA" & Q).Value = PRECIOSUCIOLD
NN = 0
DTRAS = 0
Next Q
End Sub

```

MACRO Bonde2_sucio.

```
Sub BONDE2_SUCIO()
For Q = 19 To Worksheets("MONTECARLO").Range("J5").Value + 18
BONDES = Worksheets("MONTECARLO").Range("CB16").Value
Select Case BONDES
    Case "LD_BONDESD_180927"
        NN =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("A" & Q).Value, Worksheets("GOBIERNO").Range("B4:B547"),
Worksheets("GOBIERNO").Range("N4:N547")) 'FECHA DE INICIO DE
CUPON
        DTRAS =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("A" & Q).Value, Worksheets("GOBIERNO").Range("B4:B547"),
Worksheets("GOBIERNO").Range("I4:I547")) 'DIAS POR VENCER
        Case "LD_BONDESD_190207"
            NN =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("A" & Q).Value, Worksheets("GOBIERNO").Range("B4:B547"),
Worksheets("GOBIERNO").Range("AC4:AC547"))
            DTRAS =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("A" & Q).Value, Worksheets("GOBIERNO").Range("B4:B547"),
Worksheets("GOBIERNO").Range("X4:X547"))
            Case "LD_BONDESD_181213"
                NN =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("A" & Q).Value, Worksheets("GOBIERNO").Range("B4:B547"),
Worksheets("GOBIERNO").Range("AR4:AR547"))
                DTRAS =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("A" & Q).Value, Worksheets("GOBIERNO").Range("B4:B547"),
Worksheets("GOBIERNO").Range("AM4:AM547"))
                Case "LD_BONDESD_190411"
                    NN =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("A" & Q).Value, Worksheets("GOBIERNO").Range("B4:B547"),
Worksheets("GOBIERNO").Range("BG4:BG547"))
                    DTRAS =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("A" & Q).Value, Worksheets("GOBIERNO").Range("B4:B547"),
Worksheets("GOBIERNO").Range("BB4:BB547"))
End Select
```

```

TFB =
Application.WorksheetFunction.Round(Worksheets("MONTECARLO").Range("BT" & Q - 1).Value, 2) 'APLICA EN TODOS
TDEV = Worksheets("MONTECARLO").Range("BS" & Q).Value * 100
'APLICA EN TODOS
m =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("B" & Q).Value, Worksheets("MONTECARLO").Range("B18:B518"),
Worksheets("MONTECARLO").Range("C18:C518")) 'APLICA EN TODOS
s = Worksheets("MONTECARLO").Range("BR" & Q).Value 'APLICA EN
TODOS
TC = (((1 + (TFB / 36000)) ^ 28) - 1) * (36000 / 28)
d = m - NN
a = (1 + (TDEV * (d / 36000)))
b = ((1 + (TFB / 36000)) ^ (28 - d))
tcUNO = ((a * b) - 1) * (36000 / 28)
VN = 100
CUNO = (VN) * ((28 * tcUNO) / 36000)
CC = (VN) * ((28 * TC) / 36000)
rR = ((1 + ((TFB + s) / 36000)) ^ (28)) - 1
IDEV = (VN) * ((d * TDEV) / 36000)
RESIDUO = (DTRAS Mod 28) / 28
  If RESIDUO < 0.5 Then
    K = Application.WorksheetFunction.Round(DTRAS / 28, 0) + 1
  Else
    K = Application.WorksheetFunction.Round(DTRAS / 28, 0)
  End If
H = ((1 / rR) - (1 / ((rR) * ((1 + rR) ^ (K - 1)))))
I = (VN / ((1 + rR) ^ (K - 1)))
J = CUNO + I + (CC * H)
l = (1 + R) ^ (1 - (d / 28))
PRECIOLIMPIOLD = (J / l) - IDEV
PRECIOSUCIOLD = PRECIOLIMPIOLD + IDEV
Worksheets("MONTECARLO").Range("CB" & Q).Value = PRECIOSUCIOLD
NN = 0
DTRAS = 0
Next Q
End Sub

```

Anexo E.

Prospecto del Binter 14-2.

A continuación, se muestra el prospecto de colocación del Binter 14-2 donde se especifica como realizar el cálculo del precio sucio del instrumento, así como las tasas y sobretasas a emplear.

Emisor:	Banco Interacciones, S.A., Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero Interacciones.
Tipo de valor:	Certificados Bursátiles Bancarios.
Número de emisión al amparo del Programa:	Décima.
Número de emisión de CBs al amparo del Programa	Novena.
Clave de pizarra:	"BINTER 14-2".
Monto total autorizado del Programa:	\$10,000'000,000.00 (diez mil millones de Pesos 00/100 M.N.) o su equivalente en UDIs, con carácter de revolvente; en el entendido de que el monto total insoluto de las colocaciones que se realicen al amparo del Programa, no deberá en ningún momento exceder del monto antes mencionado de \$10,000'000,000.00 (diez mil millones de pesos 00/100 M.N.) o su equivalente en UDIs.
Vigencia del Programa:	5 (cinco) años a partir de su autorización por la CNBV.
Tipo de Oferta:	Pública primaria nacional.
Monto total de la Oferta:	Hasta \$1,500'000,000.00 (Un mil quinientos millones de Pesos 00/100 M.N.).
Número de CBs:	Hasta 15'000,000 (Quince millones).
Valor nominal de los CBs:	\$100.00 (Cien Pesos 00/100 M.N.) cada uno.
Plazo de vigencia de la Emisión:	1,316 (un mil trescientos dieciséis) días, aproximadamente 3.6 (tres punto seis) años.
Mecanismo de colocación:	Construcción de libro con asignación discrecional a tasa única.
Precio de colocación:	\$100.00 (Cien Pesos 00/100 M.N.) cada uno.
Fecha de publicación del aviso de oferta pública:	17 de junio de 2014.
Fecha de oferta:	18 de junio de 2014.
Fecha de cierre de libro:	18 de junio de 2014.
Fecha de publicación del aviso de colocación con fines informativos:	18 de junio de 2014.
Fecha de emisión:	19 de junio de 2014 (la "Fecha de Emisión").
Fecha de registro en la BMV:	19 de junio de 2014.
Fecha de liquidación:	19 de junio de 2014.
Fecha de vencimiento:	25 de enero de 2018 (la "Fecha de Vencimiento").
Garantía:	Los CBs objeto de esta Emisión serán quirografarios y, por lo tanto, no contarán con garantía específica, ni contarán con la garantía del IPAB o de cualquiera otra entidad gubernamental mexicana.

Recursos netos que obtendrá el Emisor:	\$1,487'157,871.79 (un mil cuatrocientos ochenta y siete millones ciento cincuenta y siete mil ochocientos setenta y un pesos 79/100 M.N.). Una vez descontados los gastos relacionados con la Emisión que ascienden aproximadamente a la cantidad de \$12'842,128.21 (doce millones ochocientos cuarenta y dos mil ciento veintiocho pesos 21/100 M.N.).
Destino de los fondos:	Los recursos netos obtenidos de la colocación de los CBs serán destinados para mejorar el perfil general de liquidez del balance de la Emisora, esto es, el uso del fondeo obtenido de la Emisión para mantener los niveles de liquidez adecuados conforme a las proyecciones del crecimiento de las carteras de crédito y realizar las operaciones permitidas conforme a la Ley de Instituciones de Crédito.
Calificación a esta Emisión otorgada por Fitch México, S.A. de C.V.:	"A (mex)". Alta calidad crediticia. Corresponde a una sólida calidad crediticia respecto de otros emisores o emisiones del país. Sin embargo, cambios en las circunstancias o condiciones económicas pudieran afectar la capacidad de pago oportuno de sus compromisos financieros, en un grado mayor que para aquellas obligaciones financieras calificadas con categorías superiores. La calificación otorgada no constituye una recomendación de inversión y puede estar sujeta a actualizaciones en cualquier momento, de conformidad con las metodologías de la agencia calificadoradora.
Calificación a esta Emisión otorgada por HR Ratings de México, S.A. de C.V.:	"HR A+". El emisor o emisión con esta calificación ofrece seguridad aceptable para el pago oportuno de obligaciones de deuda. Mantienen bajo riesgo crediticio ante escenarios económicos adversos. La calificación otorgada no constituye una recomendación de inversión y puede estar sujeta a actualizaciones en cualquier momento, de conformidad con las metodologías de la agencia calificadoradora.
Intereses y procedimiento de cálculo:	<p>A partir de la Fecha de Emisión, y en tanto no sean amortizados, los CBs generarán un interés bruto anual sobre su Valor Nominal, que el Representante Común calculará con 2 (dos) Días Hábiles anteriores a la Fecha de Pago de los CBs ("Fecha de Determinación de la Tasa de Interés Bruto Anual"), computado a partir de la Fecha de Emisión, y que regirá durante el período siguiente, para lo cual se deberá considerar lo siguiente:</p> <p>Para determinar la Tasa de Interés Bruto Anual ("Tasa de Interés Bruto Anual") se deberá adicionar [*] ([*]) puntos porcentuales a la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio a plazos de 26 (veintiséis), 27 (veintisiete), 28 (veintiocho) o 29 (veintinueve) días ("TIIE" o "Tasa de Interés de Referencia"), capitalizada o, en su caso, equivalente al número de días naturales efectivamente transcurridos en cada Periodo de Intereses, que sea dada a conocer por el Banco de México ("Banxico"), por el medio masivo de comunicación que este determine, o a través de cualquier otro medio electrónico de cómputo o telecomunicación incluso Internet, autorizado al efecto por dicho banco, en la Fecha de Determinación de la Tasa de Interés o, en su defecto dentro de los 22 (veintidós) Días Hábiles anteriores, en cuyo caso deberá tomarse la tasa comunicada el Día Hábil más próximo a dicha fecha.</p> <p>En caso que desaparezca la TIIE, el Representante Común utilizará como tasa sustituta para determinar la Tasa de Interés Bruto Anual, la tasa de interés anual de los Certificados de la Tesorería de la Federación ("CETES"), misma que se calculará de la siguiente manera: sumar [*] ([*]) puntos porcentuales a la tasas de</p>

interés anual de los CETES, a plazos de 26 (veintiséis), 27 (veintisiete), 28 (veintiocho) o 29 (veintinueve) días, en colocación primaria capitalizada o, en su caso, equivalente al número de días naturales efectivamente transcurridos en cada Periodo de Intereses, que sea dada a conocer por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, a través de Banxico, por el medio masivo de comunicación que éste determine, o a través de cualquier otro medio electrónico, de cómputo o telecomunicación, incluso Internet, autorizado al efecto por dicho Banco, en la Fecha de Determinación de la Tasa de Interés Bruto Anual que corresponda, o en su defecto dentro de los 22 (veintidós) Días Hábiles anteriores, en cuyo caso deberá tomarse la tasa comunicada el Día Hábil más próximo a dicha fecha. Para determinar el monto de intereses pagaderos en cada Periodo de Intereses respecto de los CBs, el Representante Común utilizará la fórmula que se describe en el Título y en el Suplemento. Los cálculos se efectuarán cerrándose a centésimas.

Tasa de Interés Bruto Anual aplicable para el primer periodo de los CBs:	La Tasa de Interés Bruto Anual aplicable para el primer Periodo de Intereses de los CBs será de [*]% ([*] por ciento).
Fecha de pago y amortización de principal:	El principal de los CBs se amortizará en un sólo pago en la Fecha de Vencimiento, es decir el 25 de enero de 2018, contra entrega del título que ampare la presente Emisión (el "Título") o de la constancia emitida por Indeval. En caso de que el día de pago no sea un día hábil, el pago se realizará al día hábil siguiente.
Lugar y forma de pago de principal e intereses:	El Emisor llevará a cabo el pago de los intereses y principal de los CBs contra la entrega de las constancias o certificaciones correspondientes que al efecto expida Indeval, de acuerdo con las disposiciones legales que rigen a dicha institución. El Emisor, para realizar los pagos correspondientes, entregará a Indeval, a más tardar a las 11:00 horas del día en que deba de efectuarse el pago, mediante transferencia electrónica, el importe del principal o de los intereses correspondientes en el domicilio del Indeval, ubicado en Paseo de la Reforma No. 255, Piso 3, Col. Cuauhtémoc, 06500, México, D.F.
Causas de Vencimiento Anticipado:	En el Suplemento y en el Título que documenta la presente Emisión, se describen las limitaciones a la cuales se deberá de sujetar el Emisor durante la vigencia de la Emisión.
Intereses Moratorios:	En caso de incumplimiento en el pago de principal de los Certificados Bursátiles, se causarán intereses moratorios sobre el principal insoluto de los Certificados Bursátiles a la Tasa de Interés Bruto Anual de los Certificados Bursátiles, según sea el caso, aplicable durante cada periodo en que ocurra y continúe el incumplimiento, más 2 (dos) puntos porcentuales. Los intereses serán pagaderos a la vista desde la fecha en que tenga lugar el incumplimiento y hasta que la suma principal haya quedado íntegramente cubierta. La suma que se adeude por concepto de intereses moratorios deberá ser cubierta en el domicilio del Emisor en Paseo de la Reforma No.383, Piso 15, Colonia Cuauhtémoc, 06500, México, D.F.
Depositario:	S.D. Indeval Institución para el Depósito de Valores, S.A. de C.V. ("Indeval").
Periodicidad en el pago de intereses:	Los Intereses que devenguen los Certificados Bursátiles se liquidarán cada periodo de 28 (veintiocho) días, contra la entrega de la constancia correspondiente que para tales efectos expida Indeval, durante la vigencia de los Certificados Bursátiles o en caso de ser Inhábil, la liquidación será el Día Hábil inmediato siguiente calculándose los intereses ordinarios respectivos por el número de días naturales efectivamente transcurridos en el periodo de pago de intereses correspondiente.

Posibles adquirentes:

Personas físicas y/o morales cuando su régimen de inversión lo prevea expresamente. Los posibles adquirentes deberán considerar cuidadosamente toda la información contenida en el Prospecto del Programa y en el Suplemento. Los inversionistas interesados deberán manifestar por escrito su conformidad en la adquisición de los CBs, conforme a la carta formato que se agrega al Suplemento como Anexo "D" (ver "*Plan de Distribución*"). Dicha carta formato deberá ser suscrita tanto en las operaciones que se realicen en mercado primario como en mercado secundario, y para ambos casos se aplicará si el inversionista es cliente de Interacciones Casa de Bolsa, S.A. de C.V., Grupo Financiero Interacciones o de Banco Interacciones, S.A., Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero Interacciones (ver Factor de Riesgo del Prospecto de Colocación "*El Emisor y el Intermediario Colocador forman parte del mismo Grupo Financiero*").

Será obligación de Interacciones Casa de Bolsa, S.A. de C.V., Grupo Financiero Interacciones, y de Banco Interacciones, S.A., Institución de Banca Múltiple, Grupo Financiero Interacciones, el obtener de cada inversionista que sea cliente de dichas instituciones, la manifestación por escrito a la que hace referencia el anexo único de las Disposiciones de carácter general aplicables a las operaciones con valores que efectúen casas de bolsa e instituciones de banca múltiple publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 8 de julio de 2009 (la "Carta Formato").

Régimen fiscal:

La tasa de retención aplicable respecto a los intereses pagados se encuentra sujeta a (i) para personas (físicas y morales) residentes en México para efectos fiscales, a lo previsto en los artículos 54, 135 y demás aplicables de la LISR, y (ii) para personas (físicas y morales) residentes en el extranjero para efectos fiscales, a lo previsto en los artículos 153, 166 y demás aplicables de la LISR y dependerá del beneficiario efectivo de los intereses. El régimen fiscal vigente podrá ser modificado a lo largo de la vigencia de la Emisión. Recomendamos a los inversionistas consultar en forma independiente a sus asesores fiscales respecto a las disposiciones legales aplicables a la adquisición, propiedad y disposición de instrumentos de deuda como los CBs antes de realizar cualquier inversión en los mismos.

Representante común:

Monex Casa de Bolsa, S.A. de C.V., Monex Grupo Financiero (el "Representante Común").

Prospecto del CSBanco 14-2.

A continuación, se muestra el prospecto de colocación del CSBanco 14-2 donde se especifica como realizar el cálculo del precio sucio del instrumento, así como las tasas y sobretasas a emplear.

CARACTERÍSTICAS DE LA OFERTA

Denominación Social de la Emisora:	Consubanco, S.A., Institución de Banca Múltiple.
Clave de Pizarra:	"CSBANCO 14-2".
Monto Autorizado del Programa:	Hasta \$4,000,000,000.00 M.N. (cuatro mil millones de Pesos 00/100 Moneda Nacional) o su equivalente en UDIs (el " <u>Monto Autorizado del Programa</u> ") con carácter revolvente.
Tipo de Valor:	Certificados bursátiles bancarios (los " <u>Certificados Bursátiles</u> ").
Denominación:	Pesos, Moneda Nacional.
Vigencia del Programa:	5 (cinco) años a partir de la fecha de autorización de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores.
Plazo de Vigencia de la Emisión	3 (tres) años a partir de la Fecha de Emisión, equivalente aproximadamente a 1,092 (mil noventa y dos) días, equivalente a 39 (treinta y nueve) periodos de 28 (veintiocho) días (el " <u>Plazo de la Emisión</u> ").
Tipo de Oferta:	Pública primaria nacional.
Número de Emisión al Amparo del Programa:	Tercera.
Monto de la Emisión:	\$1,000,000,000.00 M.N. (un mil millones de Pesos 00/100 Moneda Nacional) (el " <u>Monto de la Emisión</u> ").
Número de Certificados Bursátiles Ofertados:	10,000,000 (diez millones) de Certificados Bursátiles.
Precio de Colocación:	\$100.00 M.N. (cien Pesos 00/100 Moneda Nacional), por cada Certificado Bursátil.
Valor Nominal de los Certificados Bursátiles:	\$100.00 M.N. (cien Pesos 00/100 Moneda Nacional), por cada Certificado Bursátil.
Mecanismo de Asignación:	Los Certificados Bursátiles se colocarán mediante un proceso de asignación discrecional a tasa única.
Fecha de Publicación del Aviso de	15 de diciembre de 2014.
Oferta Pública:	
Fecha de Construcción de Libro:	16 de diciembre de 2014.
Fecha de Cierre de Libro:	16 de diciembre de 2014.
Fecha de Publicación del Aviso de Colocación con Fines Informativos:	16 de diciembre de 2014.
Fecha de Emisión:	18 de diciembre de 2014.
Fecha de Registro en la Bolsa Mexicana de Valores:	18 de diciembre de 2014.
Fecha de Liquidación:	18 de diciembre de 2014.
Fecha de Vencimiento:	14 de diciembre de 2017.
Recursos Netos que obtendrá la Emisora con la Colocación:	\$983,598,266.95 M.N. (novecientos ochenta y tres millones quinientos noventa y ocho mil doscientos sesenta y seis Pesos 95/100 Moneda Nacional). Para mayor información, véase "5. Gastos Relacionados con la Oferta" del Suplemento.
Destino de los Recursos:	Los recursos que la Emisora obtenga de la colocación de los Certificados Bursátiles serán destinados a los fines que se describen en el apartado II. LA OFERTA – 2. Destino de los Recursos, del Suplemento.

Garantía:	Los Certificados Bursátiles son quirografarios. De conformidad con lo dispuesto por los artículos 6 y 10 de la Ley de Protección al Ahorro Bancario, los Certificados Bursátiles no se encuentran entre las obligaciones garantizadas por el Instituto para la Protección al Ahorro Bancario.
Calificación otorgada por la agencia calificadoradora Standard & Poor's, S.A. de C.V.:	"mxA", La deuda calificada "mxA", es algo más susceptible a efectos adversos por cambios circunstanciales o de las condiciones de la economía que la deuda calificada en las categorías superiores. Sin embargo, la capacidad de pago del emisor para cumplir con sus compromisos financieros sobre la obligación es fuerte en relación con otros emisores en el mercado nacional. La calificación otorgada no constituye una recomendación de inversión y puede estar sujeta a actualizaciones en cualquier momento, de conformidad con las metodologías de la institución calificadoradora.
Tasa de Interés y Procedimiento de Cálculo:	A partir de su fecha de emisión, y en tanto no sean amortizados, los Certificados Bursátiles devengarán un interés bruto anual sobre su valor nominal o, en su caso, su Valor Nominal Ajustado, a la Tasa de Interés Bruto Anual (según dicho término se define en el Suplemento), que el Representante Común calculará 2 (dos) Días Hábiles antes del inicio de cada Periodo de Intereses de 28 (veintiocho) días (la " <u>Fecha de Determinación de la Tasa de Interés Bruto Anual</u> "), y que regirá precisamente durante el Periodo de Intereses de 28 (veintiocho) (cada uno, un " <u>Periodo de Intereses</u> "). La tasa utilizada por el Representante Común será la que resulte de adicionar 2.5% (dos punto cinco por ciento) a la Tasa de Interés Interbancaria de Equilibrio a un plazo de 28 (veintiocho) días (" <u>TIIE</u> " o " <u>Tasa de Interés de Referencia</u> ") o a la Tasa Sustituta (según dicho término se define más adelante) capitalizada o, en su caso, equivalente al número de días efectivamente transcurridos en el Periodo de Intereses correspondiente, que sea dada a conocer por el Banco de México por el medio masivo de comunicación que éste determine o a través de cualquier otro medio electrónico, de cómputo o de telecomunicación, incluso Internet, autorizado al efecto por el Banco de México, en la Fecha de Determinación de la Tasa de Interés Bruto Anual que corresponda o, en su defecto, dentro de los 22 (veintidós) Días Hábiles anteriores a la misma, en cuyo caso deberá tomarse como base la tasa comunicada en el Día Hábil más próximo a la Fecha de Determinación de la Tasa de Interés Bruto Anual. Véase el apartado II. LA OFERTA - 1. Características de la Oferta - Tasa de Interés y Procedimiento de Cálculo, del Suplemento.
Tasa de Interés Bruto Anual aplicable para el Primer Periodo de Intereses:	5.8% (cinco punto ocho por ciento).
Intereses Moratorios:	En caso de incumplimiento en el pago del principal de los Certificados Bursátiles, se devengarán intereses moratorios, en sustitución de los ordinarios, sobre la cantidad no pagada de principal a una tasa igual a la que resulte de adicionar 2.00% (dos puntos porcentuales) a la Tasa de Interés Bruto Anual determinada para el Periodo de Intereses en que ocurra y continúe el incumplimiento. Los intereses moratorios serán pagaderos a la vista y se causarán a partir del Día Hábil inmediato siguiente a la fecha en que ocurra dicho incumplimiento y hasta en tanto la cantidad adeudada haya quedado íntegramente pagada, sobre la base de un año de 360 (trescientos sesenta) días y por los días efectivamente transcurridos en mora.
Lugar y Forma de Pago de Principal e Intereses:	El principal y los intereses ordinarios devengados respecto de los Certificados Bursátiles se pagarán a través de S.D. Indeval Institución para el Depósito de Valores, S.A. de C.V. (" <u>Indeval</u> "), cuyas oficinas están ubicadas en Paseo de la Reforma No. 255, Piso 3, Colonia Cuauhtémoc, C.P. 06500, México, D.F. Los pagos se efectuarán mediante transferencia electrónica de conformidad con el procedimiento establecido en el Título y que se reproducen en el Suplemento. En el caso de los intereses moratorios, los mismos serán pagaderos en las oficinas del Representante Común ubicadas en Paseo de la Reforma 284, Piso 9, Col. Juárez, Del. Cuauhtémoc, C.P. 06600, México, D.F., en la misma moneda que la suma de principal.

Periodicidad en el Pago de los Intereses:	Los intereses que devenguen los Certificados Bursátiles se liquidarán cada 28 (veintiocho) días en las fechas señaladas en el calendario establecido en el Título y que se reproducen en el Suplemento o, si cualquiera de dichas fechas es un día inhábil, se liquidarán el Día Hábil inmediato siguiente, calculándose en todo caso los intereses por el número de días naturales efectivamente transcurridos en el Periodo de Intereses correspondiente.
Amortización:	Los Certificados Bursátiles se amortizarán a su valor nominal, o en su caso, su Valor Nominal Ajustado en un solo pago en la Fecha de Vencimiento, conforme a lo establecido en el Título según se reproduce en el Suplemento, contra entrega del Título o de las constancias que para tales efectos expida Ineval. En caso de que la Fecha de Vencimiento sea un día inhábil, los Certificados Bursátiles se amortizarán el Día Hábil inmediato siguiente.
Casos de Vencimiento Anticipado:	Los Certificados Bursátiles podrán darse por vencidos anticipadamente en caso de que suceda cualquiera de los Casos de Vencimiento Anticipado establecidos en el Título y que se reproducen en el Suplemento.
Amortización Anticipada Voluntaria:	La Emisora tendrá el derecho de anticipar el pago de los Certificados Bursátiles que emita, total o parcialmente, en cualquier fecha de pago de intereses que tenga lugar en o después del vigésimo cuarto Periodo de Intereses, en el entendido, que en caso de que ocurra un pago anticipado total o parcial de los Certificados Bursátiles, la Emisora pagará a los Tenedores la Prima por Amortización Anticipada que se describe en la sección "1.35. Amortización Anticipada" del Suplemento equivalente al monto que resulte mayor de (a) la diferencia, en caso de resultar positiva, de (i) el promedio aritmético del valor más alto de mercado de los Certificados Bursátiles durante los últimos 30 (treinta) días calendario, conforme dicho valor de mercado hubiere sido publicado por cuando menos un proveedor de precios de valores de amplio reconocimiento y prestigio en el mercado de valores nacional, y (ii) el valor nominal de los Certificados Bursátiles, o (b) (i) a partir del vigésimo cuarto Periodo de Intereses y hasta el trigésimo sexto Periodo de Intereses, el 1.5% (uno punto cinco por ciento) del saldo insoluto de los Certificados Bursátiles, y (ii) a partir del trigésimo séptimo Periodo de Intereses en adelante, el 0.0% (cero por ciento) del saldo insoluto de los Certificados Bursátiles.
Obligaciones de Dar, Hacer y No Hacer:	La Emisora estará obligada a cumplir con las obligaciones de dar, hacer y no hacer que se establecen en el Título y se reproducen en el Suplemento.
Aumento en el Número de Certificados Bursátiles sin que sea necesario el	Conforme a los términos del Título que documenta los Certificados Bursátiles, los cuales se describen en el Suplemento, la Emisora tendrá
Consentimiento Adicional de los Tenedores:	derecho a emitir y ofrecer públicamente Certificados Bursátiles adicionales a los Certificados Bursátiles a que se refiere el Título que documenta los Certificados Bursátiles sin que sea necesario el consentimiento adicional de los Tenedores.

Régimen Fiscal:

La presente sección es una breve descripción del régimen fiscal aplicable en México para la adquisición, propiedad y enajenación de instrumentos de deuda, como los Certificados Bursátiles, por parte de personas físicas y morales residentes y no residentes en México. El régimen fiscal vigente podrá ser modificado en el transcurso de la vigencia de los Certificados Bursátiles. La tasa de retención aplicable a los intereses pagados al amparo de los Certificados Bursátiles se encuentra sujeta: (i) para las personas físicas y personas morales residentes en México a lo previsto en los artículos 54 y 135 de la Ley del Impuesto Sobre la Renta vigente; y (ii) para personas físicas y morales residentes en el extranjero, a lo previsto en los artículos 153, 166 y demás aplicables de la Ley del Impuesto Sobre la Renta vigente. Recomendamos a todos nuestros inversionistas consultar en forma independiente a sus asesores fiscales respecto a las disposiciones fiscales vigentes aplicables a la adquisición, propiedad y enajenación de instrumentos de deuda antes de realizar cualquier inversión en Certificados Bursátiles. El régimen fiscal vigente podrá modificarse a lo largo de la duración del Programa y a lo largo de la vigencia de la presente Emisión, por lo que los posibles adquirentes deberán de consultar con sus asesores fiscales el régimen fiscal aplicable.

Posibles Adquirentes:

Personas físicas o morales nacionales o extranjeras cuando, en su caso, su régimen de inversión lo permita. Los posibles adquirentes deberán considerar cuidadosamente toda la información contenida en el Prospecto y en el Suplemento y en especial la incluida bajo los apartados "Factores de Riesgo" y "Plan de Distribución".

Depositario:

S.D. Ineval Institución para el Depósito de Valores, S.A. de C.V.

Intermediario Colocador:

Casa de Bolsa Multiva, S.A. de C.V., Grupo Financiero Multiva (el "Intermediario Colocador").

Representante Común:

Monex Casa de Bolsa, S.A. de C.V., Monex Grupo Financiero.

Anexo F.

El código siguiente permiten calcular el precio sucio del Binter 14-2 y del CSBanco 14-2 en el modelo. El cálculo de estos instrumentos varía de acuerdo con la prima que se emplea para cada uno.

```
Sub BTR_CS_SUCIO()
d = 18 'M
For W = d + 1 To Worksheets("MONTECARLO").Range("J5").Value + 18
'INDICE
    If Worksheets("MONTECARLO").Range("CC16").Value =
"94_CSBANCO_14-2" Then
        PRIMA = 0.025 * 100
    Else
        If Worksheets("MONTECARLO").Range("CC16").Value =
"94_BINTER_14-2" Then
            PRIMA = 0.009 * 100
        End If
    End If
    DXV =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("A" & W).Value, Worksheets("BANCARIO").Range("B4:B547"),
Worksheets("BANCARIO").Range("V4:V547"))
    RESIDUO = (DXV Mod 28) / 28
    PERIODO = DXV / 28
    TASAYTM =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("B" & W).Value, Worksheets("MONTECARLO").Range("AQ18:AQ518"),
Worksheets("MONTECARLO").Range("BW18:BW518"))
    VNOM = 100
    TC =
(Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("B" & W).Value, Worksheets("MONTECARLO").Range("AQ18:AQ518"),
Worksheets("MONTECARLO").Range("BX18:BX518"))) * 100
    VALCIGUAL1 = ((VNOM * 28 * TC) / 360) / 100
    SOBRETASA =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("B" & W).Value, Worksheets("MONTECARLO").Range("AQ18:AQ518"),
Worksheets("MONTECARLO").Range("BV18:BV518"))
    TIIE =
Application.WorksheetFunction.Lookup(Worksheets("MONTECARLO").Range("B" & W).Value, Worksheets("MONTECARLO").Range("AQ18:AQ518"),
Worksheets("MONTECARLO").Range("BU18:BU518"))
    TASAFWD = TIIE + PRIMA
```

```

VALCMAYOR2 = ((VNOM * TASAFWD * 28) / 360) / 100
m = ((1 + (TASAYTM * 28) / 36000) ^ (-RESIDUO)) * VALCIGUAL1
For Z = RESIDUO + 1 To PERIODO - 1
  Y = ((1 + (TASAYTM * 28) / 36000) ^ (-Z)) + Y
Next Z
R = Y * VALCMAYOR2
O = ((1 + (TASAYTM * 28) / 36000) ^ (-PERIODO)) * (VALCMAYOR2
+ 100)
BINTER = m + R + O
Worksheets("MONTECARLO").Range("CC" & W).Value = BINTER
DVX = 0
RESIDUO = 0
TASAYTM = 0
TC = 0
VALIGUAL1 = 0
SOBRETASA = 0
TIIE = 0
TASAFWD = 0
VALCMAYOR2 = 0
m = 0
Y = 0
R = 0
O = 0
BINTER = 0
Next W
End Sub

```

Anexo G.

Este código calcula las pérdidas y ganancias por instrumento.

```
Sub P_LINDIVIDUAL()  
For Q = 19 To Worksheets("MONTECARLO").Range("J5").Value + 18  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CD" & Q).Value =  
(Worksheets("MONTECARLO").Range("BY" & Q).Value -  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CD9").Value) *  
Worksheets("MONTECARLO").Range("BY11").Value)  
a = Worksheets("MONTECARLO").Range("CD" & Q).Value  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CE" & Q).Value =  
(Worksheets("MONTECARLO").Range("BZ" & Q).Value -  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CE9").Value) *  
Worksheets("MONTECARLO").Range("BZ11").Value)  
b = Worksheets("MONTECARLO").Range("CE" & Q).Value  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CF" & Q).Value =  
(Worksheets("MONTECARLO").Range("CA" & Q).Value -  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CF9").Value) *  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CA11").Value)  
c = Worksheets("MONTECARLO").Range("CF" & Q).Value  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CG" & Q).Value =  
(Worksheets("MONTECARLO").Range("CB" & Q).Value -  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CG9").Value) *  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CB11").Value)  
d = Worksheets("MONTECARLO").Range("CG" & Q).Value  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CH" & Q).Value =  
(Worksheets("MONTECARLO").Range("CC" & Q).Value -  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CH9").Value) *  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CC11").Value)  
e = Worksheets("MONTECARLO").Range("CH" & Q).Value  
Worksheets("MONTECARLO").Range("CI" & Q).Value = a + b + c + d +  
e  
Next Q  
UserForm1.Hide  
Worksheets("RESULTADOS").Activate  
End Sub
```