



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

EL RIESGO POR SISMO Y LA VALUACIÓN INMOBILIARIA

Tesina que para obtener el diploma de especialización en:
Valuación Inmobiliaria

presenta:

M. en Arq. Victor Manuel Pomar Pérez



Facultad de Arquitectura
Centro de Investigaciones y Estudios de Posgrado

2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

EL RIESGO POR SISMO Y LA VALUACIÓN INMOBILIARIA

M. en Arq. Victor Manuel Pomar Pérez



Facultad de Arquitectura
Centro de Investigaciones y Estudios de Posgrado

2013



SINODALES

Dr. Eduardo Ramírez Favela:

Director.

Arq. y EVI. Alfonso Penela Quintanilla:

Propietario

Lic. Evaristo Arnulfo Romero Salgado:

Propietario

Lic. Leonardo Riveros Fragoso:

Suplente

M. en Arq. Lorenzo Barragan Estrada:

Suplente

Agradecimientos.

Agradezco a todos mis profesores de la especialidad de valuación inmobiliaria de la UNAM porque la diversidad de conocimientos que comunicaron a mis condiscípulos y a mi es la unidad en la que esta tesina está cimentada. A Usted, Profesor Dr. Eduardo Ramírez Favela, agradezco además la dinámica que le dio al desarrollo de esta tesina con su acertada dirección.

Agradezco a mi hermana Doris. No hay palabras que expresen mis sentimientos por su presencia única y constante en los días más difíciles que he tenido en toda mi vida. Muchísimas gracias hermanita.

Agradezco a mí cuñada Aurorita y a sus hijitos, mis dos sobrinos, Rosita y Juan Carlos porque con su ayuda tuve la estabilidad que necesitaba para desarrollar esta tesina.

Agradezco a mis dos hijitos Olivia y Víctor porque a través de ellos veo a mi esposa.

Agradezco a los autores de los libros y artículos que menciono al pie de las hojas del cuerpo de esta tesina por el valioso auxilio que sus documentos me brindaron.

Dedicatorias.

Dedico esta tesina a:

Mi esposa, Paquita.
Que Dios la tiene con Él.

¡No porque está callada
y ya no te responde, la motejes;
no porque yace helada,
severa, inmóvil, rígida, la huyas;
no porque está tendida
y no puede seguirte ya, la dejes;
no porque está perdida
para siempre jamás, la sustituyas!

Mi hermana Doris Pomar Pérez.

Mi cuñada Aurora Maldonado Maldonado y
sus dos hijos, mis sobrinos :
Rosa y Juan Carlos Guiza Maldonado.

Mis dos hijos, Olivia y Víctor.

Contenido.

Agradecimientos.....	i
Dedicatorias.....	i
Contenido.....	ii
Prefacio. ^{(6), (16), (17), (21), (22), (23)}	1
Riesgo y fuentes de riesgo.....	1
Multidisciplinaridad, riesgo y eventos de riesgo	2
Sismos, sismicidad, tipos de suelo y riesgo por sismo.....	3
Valor, Inmueble, Mercado inmobiliario, Valuador Inmobiliario y Riesgo por sismo.....	4
Introducción. ^{(3), (4), (5), (6), (8), (9), (16), (17)}	6
Antecedentes ^{(3), (4), (5), (6), (11), (15)}	7
Justificación ^{(1), (2), (7), (8), (9), (14)}	8
Objetivo ⁽¹⁷⁾	9
Tipos de riesgo en la Valuación Inmobiliaria ^{(9), (17)}	10
Riesgos de tipo económico.....	10
Riesgos por toma de decisiones políticas	10
Riesgos de tipo social.....	10
Riesgos de tipo ético.....	10
El riesgo y la valuación inmobiliaria ^{(2), (3), (8), (9), (17)}	11
Análisis del riesgo en la valuación inmobiliaria ^{(2), (3), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (17)}	12
Introducción a la valuación y administración del riesgo ^{(3), (8), (10), (11)}	14
Método de la razón costo beneficio ^{(3), (8)}	14
Método del valor de prevenir una fatalidad o una pérdida total. ⁽¹⁰⁾	15
El método multiatributos para la valuación de riesgos ^{(3), (8), (11)}	16
Algunas fórmulas utilizables en cualquiera de los tres métodos anteriores ^{(8), (12), (13), (14), (17)}	18
Fórmula dada a través de una definición.....	18
Fórmula dada a través de características	18
Fórmula dada a través de un algoritmo	20
Fórmula dada a través de una definición aumentada.....	21
La administración del riesgo ^{(3), (8), (14)}	22
Los indicadores y los factores de riesgo en la valuación inmobiliaria. ⁽¹⁷⁾	23

Valuación del riesgo por macrosismo para un inmueble valuado a la medida y desplantado en una zona sísmica. ^{(17), (21), (22)}	24
Algoritmo para valorar el riesgo por macrosismo para un inmueble valuado a la medida y desplantado en una zona sísmica. ⁽¹⁷⁾	25
Valuación del riesgo por macrosismo para un inmueble valuado masivamente y desplantado en una zona sísmica	27
Construcción de un factor de riesgo por macrosismo ^{(8), (12), (14), (15), (17)}	27
Procedimiento para calcular la vulnerabilidad al ataque de un macrosismo ^{(2), (12), (14), (16), (17), (18)}	28
Características del inmueble consideradas para el cálculo de la vulnerabilidad	29
Características de la zona consideradas para el cálculo de la vulnerabilidad.....	29
Escala de valores cualitativos auxiliar para el cálculo de la vulnerabilidad	29
Escala de valores cuantitativos para el cálculo de la vulnerabilidad.....	30
Fórmula para calcular la vulnerabilidad del inmueble al macrosismo.....	30
Procedimiento para calcular los daños esperados si ocurriera el macrosismo ⁽¹⁷⁾	30
Escala cualitativa de daños posibles.....	30
Fórmula para calcular los daños esperados por el macrosismo.....	31
Procedimiento para calcular la probabilidad de ocurrencia de macrosismo ^{(15), (17), (18), (19), (20)}	31
Fórmula del factor de riesgo por macrosismo.....	32
Definición de la capacidad de resistencia al ataque de un macrosismo.	32
Fórmula para calcular el factor de riesgo por macrosismo.....	32
Conclusiones.....	33
Apéndice	34
Evolución de la Teoría de la Probabilidad. ^{(15), (17), (24), (25)}	34
Teoría de la probabilidad clásica	34
Teoría de la probabilidad frecuencial	35
Teoría de la probabilidad objetiva.....	36
Teoría de la probabilidad subjetiva.....	37

Prefacio. (6), (16), (17), (21), (22), (23)

Esta tesina sobre el Riesgo por Sismo y la valuación inmobiliaria involucra obviamente los conceptos Riesgo, Sismo, Valor, Inmueble, evento dañino, costo, precio, daño, persona física, persona moral y muchos otros más que aparecen en el transcurso de su desarrollo. A continuación introducimos algunos de estos términos.

Riesgo y fuentes de riesgo

Solo hay un significado de riesgo aceptado universalmente, tanto en la ciencia como en la vida ordinaria: es el estado incierto de exposición a ser atacado en el que se encuentra un sujeto y padecer daño en su ser y/o en sus bienes por causa de la posible ocurrencia de un evento capaz de atacarlo y producirle algún daño. A tal evento se le llama evento de riesgo. Puede ser originado por los fenómenos naturales o por los fenómenos producidos por el ser humano.

La tierra (todo lo que hay en el planeta tierra) es un ser dinámico y su dimensión comparada con la del ser humano es inmensamente grande. La manifestación de dicho dinamismo se observa tanto en los llamados fenómenos naturales: sismos, erupciones volcánicas, maremotos, atracción de cuerpos celestes que chocan con ella, inundaciones, etc. como en los llamados fenómenos producidos por el ser humano: guerras, producción ininterrumpida de toda clase de desperdicios, bloqueos económicos, conquistas psicológicas socioeconómicas, sabotajes, terrorismo, predación hasta llegar a la aniquilación, etc.

Las cantidades de diferentes materiales que se mueven, las fuerzas que se ejercen para mover tales cantidades de materiales y las energías que se liberan al desarrollarse son inmensamente mayores en los fenómenos naturales que en los fenómenos producidos por el ser humano pero igualmente dañinos para el ser humano y en ocasiones incluso para la tierra misma. Por lo tanto

-
- (6) **Risk**
Sven Ove Hansson
2012. Artículo de la Stanford Encyclopedia of Philosophy
Centro para el estudio del lenguaje y la información
Universidad de Stanford. Stanford, California. EUA
<http://plato.stanford.edu/entries/risk/>
- (16) **Usos del Suelo y Territorio**
Tipos y lógicas de localización en la ciudad de México
Dr. Ignacio Kunz Bolaños
México, D.F.
- (17) **Apuntes tomados en todos los diferentes cursos que se imparten en la especialidad de valuación inmobiliaria en la UNAM**
Lic. Víctor Manuel Pomar Pérez
Estudios de Posgrado.
Universidad Nacional Autónoma de México.
- (21) **Escrito sobre la importancia de diseñar y construir antifenómenos destructivos las instalaciones de la infraestructura estratégica de un centro de población para hacer tales instalaciones invulnerables al azote de fenómenos destructivos.**
Lic. Evaristo A. Romero Salgado.
1987, Centro de Investigación y Estudios de Posgrado.
Universidad Nacional Autónoma de México
- (22) **Fundamentos de Geología Física**
Leet, L.D. and S. Judson
Limusa-Wiley
México, 1968
- (23) **Estados Unidos Mexicanos**
CÓDIGO CIVIL FEDERAL
Texto vigente
Última reforma publicada Diario Oficial de la Federación el día 08-04-2013

los dinamismos de la tierra y del ser humano son los que originan los eventos de riesgo para el ser humano.

Multidisciplinaridad, riesgo y eventos de riesgo

Para resolver problemas en la actualidad se usa la multidisciplinaridad. ¿Por qué hay temblores en esta parte de la tierra y huracanes en esta otra y de los dos en esta otra?, ¿Por qué hay un tipo de suelo debajo de esta casa y uno diferente debajo de esa otra?, ¿Qué características debe tener la estructura de una casa para que sea antisísmica?, ¿Qué características debe tener el diseño de una casa para que sea un diseño arquitectónico?, ¿Por qué esta comunidad es muy vulnerable a un tipo específico de riesgo y esta otra no?, ¿Como se redactan y se imponen instrumentos legales que normen la conducta de los constructores y dueños de inmuebles en materia de sismos?, ¿por qué esta comunidad tiene aversión a tomar riesgos y esta otra no?, ¿Cual es el valor de este inmueble en particular? etc. son preguntas que, en los equipos multidisciplinarios, según les compete corresponde a los geólogos, geofísicos, ingenieros civiles, arquitectos, sociólogos, licenciados en derecho, psicólogos, valuadores inmobiliarios, filósofos, etc. darles respuesta porque preguntas de tal tipo les dan su existencia. Esto no significa que un valuador inmobiliario, por ejemplo, ignore ilustrarse en todos estos conceptos.

Las respuestas que dichos especialistas le dan a esas preguntas dan como resultado cartas de clasificación de suelos, cartas de sismicidad, características tecnológicas que deben tener las estructuras para ser consideradas antisísmicas, reglamentos, leyes, normas de construcción que se hacen obligatorias para la construcción de ciertos inmuebles, estadísticas de características socioeconómicas para las comunidades, etc. y a su vez aplicados todos esos resultados en conjunto a un caso de interés caracterizan, por ejemplo, el suelo de algún área particular de la superficie de la tierra y/o de una construcción específica y/o de una comunidad en particular.

Un resultado muy general de la geología y de la física es que la parte del planeta tierra que conocemos está formada de aire, agua y tierra y que dichos elementos son movidos por la fuerza gravitacional de la tierra, fuerzas de presión, fuerzas de fricción, la atracción gravitacional de los cuerpos celestes y fuerzas electromagnéticas internas y externas a la tierra. Otro agente importante que actúa sobre el aire, el agua y la tierra es el calor del sol. Todos estos agentes actuando en conjunto generan fenómenos geológicos tales como: vulcanismo, movimiento de grandes masas de la corteza terrestre, intemperismo, el ciclo hidrológico, fundición de las rocas, diferencias de presión, acumulaciones de carga eléctrica, en general, el dinamismo de la tierra y estos, a su vez, producen para el ser humano los eventos de riesgo: sismos, inundaciones, maremotos, sequías, huracanes, tormentas eléctricas, etc.

Los **eventos de riesgo** pueden clasificarse en los **provocados por la naturaleza** y los **provocados por el ser humano**. *Los primeros* a su vez se dividen en **hidrometeorológicos** y **geológicos**. Eventos hidrometeorológicos son los huracanes, mareas y oleajes de tempestad, inundaciones (fluviales, pluviales, costeras, lacustres), tormentas (de nieve, de granizo, eléctricas), heladas, sequías, ondas cálidas. Eventos geológicos son sismos, tsunamis, movimientos de fallas y fracturas, arrastre de suelos (reptación o creep), deslizamiento de suelos, flujos o corrientes de lodo, derrumbes, hundimientos de suelo, erupciones volcánicas, expansión o retracción de arcillas. *Los segundos* a su vez se dividen en **sanitarios, químicos** y **socio –organizativos**. Eventos sanitarios son contaminación atmosférica, contaminación del agua, contaminación de suelos, contaminación de alimentos, epidemias, plagas; Eventos químicos son incendios y explosiones urbanas de fuentes fijas, incendios y explosiones urbanas de fuentes móviles (ductos y transportes), fugas, envenenamientos e intoxicaciones y radiaciones. Eventos socio-organizativos son accidentes (aéreos, ferroviarios, viales), interrupciones de servicios vitales (redes, transportes, servicios, personales), actos delictivos, acciones bélicas.

Sismos, sismicidad, tipos de suelo y riesgo por sismo

Sismo es el movimiento trepidante experimentado en un área de la superficie de la tierra debido a destrozos que de pronto suceden en un volumen muy específico que está dentro o debajo de la corteza terrestre en el que las grandes masas de roca que están ahí ceden repentinamente por falla o fractura debido a que han estado sometidas continuamente y por muchísimo tiempo a inmensas fuerzas que las llevan mas allá del límite de la deformación elástica que pueden resistir. A ese volumen donde suceden los destrozos que producen el sismo se le llama fuente del sismo la cual generalmente está debajo de la superficie de la tierra y si la observamos desde muy lejos podemos considerarla como un punto. A este punto se le llama foco y al punto en la superficie del terreno verticalmente arriba del foco se le llama epicentro.

Sismicidad en un área de la superficie de la tierra es la frecuencia de ocurrencia de sismos en tal área. Resultados dados por los geólogos y los geofísicos es que las áreas terrestres de mayor sismicidad se encuentran localizadas en su mayor parte en una franja que sigue las costas alrededor de todo el océano pacífico. Le han llamado el cinturón circumpacífico.

Muy frecuentemente ocurren desastres en Ciudades localizadas en el cinturón circumpacífico. Solo por mencionar algunos de los más grandes provocados por macrosismos tenemos que en Abril de 1906 un macrosismo azotó la Ciudad de San Francisco en Estados Unidos. Se perdieron cientos de vidas humanas y en daños materiales cientos de millones de dolares. Las tuberías de agua de la ciudad se rompieron y se propagaron incendios incontrolables durante varios días. En Septiembre de 1923 un macrosismo azotó las ciudades de Tokio y Yokohama . Se perdieron 140 000 vidas y en daños materiales 3000 millones de dolares. En Mayo de 1960 en Chile, cinco macrosismos ocurrieron en un lapso de 2 días y más de 40 sacudidas de gran magnitud ocurrieron en un lapso de 11 días. Se perdieron aproximadamente 2000 vidas y en daños materiales 500 millones de dólares. En extensas áreas costeras la superficie se hundi6 algunos metros, hubo grandes deslizamientos de tierra en las laderas de las montañas.

México tiene costas en el océano pacífico y por tanto un área altamente sísmica. Además el llamado cinturón neovolcánico que atraviesa la República Mexicana desde el estado de Colima hasta el de Veracruz también es un área de la tierra altamente sísmica. Esto explica la actividad sísmica de la República Mexicana. Estadísticas muestran que por lo menos ocurre al año un sismo de grado 7° en esas áreas. Los macrosismos que causaron situaciones de desastre en México ocurrieron en 1911, 1957, 1973, 1980, y 1985. Las ocurrencias de esos sismos causaron daños por miles de millones de pesos y la pérdida de vidas humanas.

Otro resultado que dan los geólogos y los geofísicos es que el tipo de suelo que tiene un área específica de la superficie de la tierra determina por las características particulares que tenga el grado de intensidad con el que ahí se experimentan los sismos que la azotan porque, las ondas sísmicas al viajar atravesando la tierra se atenúan o se amplifican según el tipo de suelo que encuentran: si es rocoso se atenúan y si es blando se amplifican. Esto significa que una misma onda sísmica cuando llega a un suelo rocoso provoca un sismo de leve intensidad y cuando llega a un suelo blando provoca un sismo de gran intensidad.

Resultados de los geólogos y los geofísicos es que el suelo del Distrito Federal está dividido en tres grandes áreas según el tipo de suelo que tienen: rocoso , entre rocoso y blando y blando. Les han dado los nombres de Zona de Lomas, Zona de transición y Zona del lago respectivamente. Además, al estar localizado el Distrito Federal entre los dos cinturones sísmicos de la tierra antes mencionados entonces, al ser azotado el Distrito Federal por una onda sísmica la intensidad del sismo generado es experimentado en grados que van desde leve hasta intenso según la Zona donde se localice el lugar de la ciudad bajo observación.

El temblor de 1985 en la Ciudad de México. Por las características del suelo de las delegaciones Cuauhtemoc, Benito Juárez y Venustiano Carranza localizadas en la zona del lago perjudicó grandemente sus poblaciones y sus construcciones, Las delegaciones Coyoacán y Miquel Hidalgo sufrieron algunos daños en su parte de suelo de transición y las delegaciones Tlalpan y Magdalena Contreras que están localizadas en la zona de Lomas no sufrieron daños.

En muchas partes del mundo, los eventos de riesgo tanto los de origen natural como los inducidos por el ser humano capaces de producir grandes daños (antes les llamaban fenómenos destructivos) azotan periódicamente a las comunidades humanas y causan según el grado de vulnerabilidad de la comunidad azotada y la intensidad del evento de riesgo estragos en la vida y bienes de la población. Por ello, en muchos países del mundo, México entre ellos, se hacen esfuerzos para propiciar acciones y medidas para reducir los riesgos y la vulnerabilidad, en aquellos lugares en peligro de ser azotados por dichos fenómenos. Tales medidas se concretan en Leyes, reglamentos, programas de prevención, programas de rehabilitación, etc. concernientes a dichos eventos de riesgo con potencialidad muy dañina.

Valor, Inmueble, Mercado inmobiliario, Valuador Inmobiliario y Riesgo por sismo.

Las transacciones que se realizan en el mercado han evolucionado desde el simple trueque de un único pequeño bien indispensable por otro único pequeño bien también indispensable hasta las transacciones indirectas de millones de unidades de un solo tipo de bien por millones de unidades de otro tipo de bien. En el primero los recursos necesarios para realizar las transacciones son muy pequeños; en los últimos en ocasiones son inimaginables. En los primeros siempre los bienes intercambiados son tangibles, en los últimos en muchas ocasiones son intangibles.

En consecuencia históricamente el concepto de valor de un bien ha evolucionado de ser considerado como el costo directo de producción del bien en cuestión pasando por agregarle a dicho costo primero una ganancia esperada por el productor, luego los costos indirectos, luego agregando o quitando cantidades justificadas por el aumento o disminución de la utilidad o deseabilidad del bien debido a cambios sociales, económicos, políticos, etc. hasta agregar o quitar cantidades justificadas por el aumento o disminución de la utilidad o deseabilidad del bien debido a características intangibles del bien y/o del entorno en el que se mercadea.

El significado del término inmueble en esta tesina es el dado en el artículo 750 del capítulo I del Título segundo del libro segundo del texto vigente a la fecha del Código Civil Federal de los Estados Unidos Mexicanos. Es el siguiente:

Son bienes inmuebles:

- I. El suelo y las construcciones adheridas a él; Las plantas y árboles, mientras estuvieren unidos a la tierra, y los frutos pendientes de los mismos árboles y plantas mientras no sean separados de ellos por cosechas o cortes regulares;
- II. Todo lo que este unido a un inmueble de una manera fija, de modo que no pueda separarse sin deterioro del mismo inmueble o del objeto a el adherido;
- III. Las estatuas, relieves, pinturas u otros objetos de ornamentación, colocados en edificios o heredades por el dueño del inmueble, en tal forma que revele el propósito de unirlos de un modo permanente al fundo;
- IV. Los palomares, colmenas, estanques de peces o criaderos análogos, cuando el propietario los conserve con el propósito de mantenerlos unidos a la finca y formando parte de ella de un modo permanente;
- V. Las maquinas, vasos, instrumentos o utensilios destinados por el propietario de la finca, directa y exclusivamente, a la industria o explotación de la misma;
- VI. Los abonos destinados al cultivo de una heredad, que estén en las tierras donde hayan de utilizarse, y las semillas necesarias para el cultivo de la finca;

- VII. Los aparatos eléctricos y accesorios adheridos al suelo o a los edificios por el dueño de estos, salvo convenio en contrario;
- VIII. Los manantiales, estanques, aljibes y corrientes de agua, así como los acueductos y las cañerías de cualquiera especie que sirvan para conducir los líquidos o gases a una finca o para extraerlos de ella;
- IX. Los animales que formen el pie de cría en los predios rústicos destinados total o parcialmente al ramo de ganadería; así como las bestias de trabajo indispensables para el cultivo de la finca, mientras están destinadas a ese objeto;
- X. Los diques y construcciones que, aun cuando sean flotantes, estén destinados por su objeto y condiciones a permanecer en un punto fijo de un río, lago o costa;
- XI. Los derechos reales sobre inmuebles;
- XII. Las líneas telefónicas y telegráficas y las estaciones radiotelegráficas fijas.

En los equipos multidisciplinarios, los valuadores inmobiliarios toman los valores que tienen todas las características que particularizan un inmueble en particular y los usan tanto para determinar el valor del inmueble particularizado usando los métodos de valuación inmobiliaria existentes tal cual están establecidos como para desarrollar nuevos métodos de valuación y/o nuevas herramientas útiles para los métodos de valuación existentes. De esta forma los valuadores inmobiliarios incorporan los valores particulares de nuevas características que un inmueble específico tiene asociadas como resultado del dinamismo del quehacer humano a la valuación de los inmuebles. El dinero es el patrón base de medida que se usa en las transacciones de compra-venta en el mercado inmobiliario o de cualquier otra índole, esto es, el dinero es el lenguaje del mercado. En esos términos el valuador inmobiliario presenta el valor determinado para un inmueble. Expresar el valor en términos de dinero es una restricción que crea grandes problemas en el trabajo de valuación en general, no solo de inmuebles. En particular para descubrir el valor de un inmueble se tienen que usar tanto características objetivas como subjetivas del inmueble bajo valuación y de su entorno, esto es, tanto variables objetivas como variables subjetivas; No hacerlo así, implica que para valuar un inmueble específico se estén usando métodos de valuación inmobiliaria si no obsoletos, sí incompletos. Quiero dejar claro en esta tesina por considerarlo muy importante para la valuación de inmuebles que no me refiero a variables subjetivas derivadas del sentimentalismo humano sino a variables subjetivas derivadas de los riesgos por fenómenos naturales y/o por la actividad humana tales como: sismos, terrorismo, contaminación, guerras, etc. que encaran los inmuebles y los actores del mercado que hacen transacciones pertenecientes al mercado inmobiliario o afines a él.

El rendimiento total esperado por todo actor en el mercado por la inversión que realiza en una transacción inmobiliaria esta constituido por el rendimiento sin riesgo más el rendimiento por los riesgos que toma. Luego, ya que por el lugar sobre la superficie de la tierra en el que se localice y por el uso real que se le esté dando todo inmueble encara uno o más riesgos por la posible ocurrencia de uno o más eventos de riesgo originados por fenómenos naturales o generados por la actividad humana entonces, en esta tesina se toma el evento de riesgo por macrosismo como vehículo para mostrar, haciendo las adaptaciones pertinentes, una forma general de concretar los efectos que en el valor de un inmueble produce cualquier evento de riesgo que lo amenace y plasmarlos en los formatos de avalúo que en la práctica profesional de la valuación inmobiliaria se usan actualmente. De esta forma el valuador inmobiliario dará a los actores del mercado inmobiliario cantidades tanto monetarias como no monetarias que los actores del mercado podrán usar en sus negociaciones y agregar en sus cálculos del rendimiento por riesgo el producido por el riesgo por sismo y en consecuencia calcular un rendimiento total esperado más apegado a la realidad.

Introducción. (3), (4), (5), (6), (8), (9), (16), (17)

Todo ser humano, por el simple hecho de existir, en todo momento, en cualquier lugar donde se encuentre e independientemente de si esta activo o inactivo, esta expuesto a riesgos; El riesgo se asocia a la ocurrencia de un suceso que invariablemente causa daños o inconvenientes, en sus bienes o en su persona, al sujeto afectado por la ocurrencia del suceso.

Al estar involucrado el ser humano, el riesgo está relacionado tanto con aspectos objetivos como subjetivos y, en consecuencia, tanto con bienes tangibles como intangibles, por lo que, cuando se tratan sucesos de riesgo, para evitarlos o afrontarlos si no podemos evitarlos, se usan la intuición, el sentido común y el instinto de conservación porque, lo objetivo está ligado a la relación física que existe entre el cuerpo físico y los bienes materiales del sujeto y la ocurrencia del suceso motivo del riesgo y lo subjetivo con los aspectos psicológicos y los bienes inmateriales del sujeto y la ocurrencia del suceso motivo del riesgo.

Característico del riesgo es que el momento y el lugar en el que ocurrirá el suceso motivo del riesgo, el tipo y la intensidad de los efectos dañinos que provocará y los sujetos que estarán involucrados son inciertos, son impredecibles; solo se puede elucubrar, con cierto grado de incertidumbre y con cierta medida de probabilidad objetiva, sobre el momento en el que ocurrirá, los efectos que ocasionará y los sujetos que involucrará un suceso de riesgo; Además, el concepto “causar daño o inconveniente” es relativo al tiempo y al sujeto involucrado porque, el efecto de la

-
- (3) **Risk: Philosophical Perspectives (Capítulos 1,2,3,4 y 6)**
2007. Editado por Tim Lewens. Publicado por Taylor & Francis
New York, NY USA
<http://www.amazon.co.uk/Risk-Philosophical-Perspectives-Tim-Lewens/dp/0415422841>
- (4) **Competing conceptions of risk.**
Paul B. Thompson and Wesley Dean.
2004. Artículo de investigación del departamento de Administración del riesgo.
Colegio de Negocios de la Universidad del Estado de Pennsylvania. EUA.
http://www.smeal.psu.edu/cdt/ebrcpubs/papers/s_vector/risk_dean.pdf/view
- (5) **Literature review: Sociology and Risk**
2004. Jens O. Zinn
Escuela de política social, sociología e investigación social.
Universidad de Kent en Canterbury, Reino Unido.
<http://www.kent.ac.uk/scarr/publications/Wkgpaper2004.htm>
- (6) **Risk**
Sven Ove Hansson
2012. Artículo de la Stanford Encyclopedia of Philosophy
Centro para el estudio del lenguaje y la información
Universidad de Stanford. Stanford, California. EUA
<http://plato.stanford.edu/entries/risk/>
- (8) **The Precautionary Principle**
World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology
UNESCO. 2005
<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001395/139578e.pdf>
- (9) **At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters (Capítulo 2)**
Ben Wisner, Piers Blaikie, Terry Cannon and Ian Davis
1994. 2nd. Edition. Routledge Taylor & Francis Group
London and New York. UK and USA
http://leecclarke.com/courses/disasters/cannon_vulnerability_analysis.pdf
- (16) **Usos del Suelo y Territorio**
Tipos y lógicas de localización en la ciudad de México
Dr. Ignacio Kunz Bolaños
México, D.F.
- (17) **Apuntes tomados en todos los diferentes cursos que se imparten en la especialidad de valuación inmobiliaria en la UNAM**
Lic. Víctor Manuel Pomar Pérez
Estudios de Posgrado.
Universidad Nacional Autónoma de México.

ocurrencia de un suceso en el sujeto involucrado en un momento dado puede serle dañino o inconveniente y en otro momento puede serle benéfico o conveniente; También, lo que puede ser perjudicial para él puede ser benéfico para otro o lo contrario.

Todo quehacer humano expone a quien lo realiza a correr riesgos e inevitablemente, se desarrolla en algún lugar, que puede ser desde un terreno completamente rústico hasta una complejísima edificación, luego, para todo quehacer humano el lugar donde se realiza está relacionado con el riesgo. En consecuencia, el estudio del riesgo y su aplicación en la valuación inmobiliaria es una necesidad.

El problema del riesgo, a través del tiempo, ha evolucionando desde ser considerado un problema de mitigar los daños que pudiera recibir un sujeto en su persona y/o en sus bienes materiales, económicamente muy valiosos para él, por la ocurrencia de un suceso de riesgo producido por la naturaleza o por la actividad humana hasta ser, en nuestro días, un problema de mitigar los daños que pudiera recibir toda una nación en gran parte de su población y/o en gran parte de sus bienes materiales considerados estratégicos para la existencia misma de la nación por la ocurrencia de un suceso de riesgo producido por la naturaleza o por las actividades humanas producto de la aplicación de los avances tecnológicos que las naciones industrializadas han alcanzado.

Ya que en el mercado inmobiliario existen tanto la construcción a la medida de inmuebles como la construcción masiva de inmuebles, con el fin de dejar constancia de los riesgos involucrados en el formato de valuación que, por obvias razones, en la práctica de la valuación inmobiliaria debe llenarse para cada inmueble valuado, en esta tesina desarrollo la idea de objetivar el riesgo en la valuación inmobiliaria por medio de la construcción de factores de demérito por riesgo para ser usados en la valuación masiva de inmuebles específicos y por medio de un algoritmo basado en el análisis económico-financiero que involucra ítems de riesgo del negocio en marcha o potencial negocio en marcha alojado en un inmueble específico para ser usado en la valuación a la medida de inmuebles.

La primera parte de esta tesina trata generalidades sobre el riesgo, la segunda trata los principales procedimientos que actualmente se usan para resolver problemas de valuación de riesgos y la tercera trata el desarrollo del algoritmo y la construcción de factores de riesgo antes mencionados.

Antecedentes ^{(3), (4), (5), (6), (11), (15)}

Actualmente, el estudio del riesgo se realiza uniendo los estudios del riesgo hechos por medio de las diferentes disciplinas: filosofía, economía, política, arquitectura, sociología, psicología, ingeniería, etc. y, como se mencionó anteriormente, todo quehacer humano expone a quien lo

(3), (4), (5) y (6) Idem en página 6

(11) Multi-Attribute Risk Assessment

Shawn A. Butler and Paul Fischbeck
2001. Computer Science Department and Department of Social and Decisions Sciences
Carnegie Mellon University.
Pittsburgh, Pennsylvania. EUA.

<http://openstorage.gunadarma.ac.id/research/files/Forensics/OpenSource-Forensic/MultiAttributeRiskAssesment.pdf>

(15) A definition of subjective probability

F. J. Anscombe and R. J. Auman
Artículo en la revista The Annals of Mathematical Statistics, Vol. 34, No. 1. (Mar., 1963), pp. 199-205.
Publicada por el Institute of Mathematical Statistics.
Princeton University. Princeton, Nueva Jersey, EUA.

<http://www.econ.ucsb.edu/~tedb/Courses/GraduateTheoryUCSB/anscombeaumann.pdf>

realiza a correr riesgos e, inevitablemente, se desarrolla en algún lugar entonces, la valuación de los inmuebles en función del riesgo debe hacerse en base a ese estudio integral del riesgo; Por otro lado, la valuación de productos en un mercado de libre competencia se hace esencialmente o por análisis económico-financiero o por comparación con productos similares. Luego, es lógico en el primer caso el desarrollo de algoritmos basados en análisis económico-financieros que involucren ítems de riesgo de negocios en marcha y en el segundo el desarrollo de factores de homologación para valorar los diferentes tipos de inmuebles. En consecuencia, es natural tener la necesidad de aplicar la teoría integral, que hasta la fecha ha sido desarrollada sobre el riesgo, al desarrollo de tales algoritmos y factores de demérito por riesgo enfocados a reducir el valor de un inmueble debido a los riesgos a los que está expuesto y a la intensidad de los mismos de modo que, los actores en el mercado de inmuebles puedan conocer los riesgos a los que está expuesto el inmueble que en el momento desean adquirir y una medida traducible a valor de mercado de las intensidades de tales exposiciones y puedan, en consecuencia, tomar mejores decisiones para reducir los riesgos inherentes a la inversión que desean hacer.

Justificación (1), (2), (7), (8), (9), (14)

El riesgo es un problema a escala global que involucra todo lo que tenga que ver con ser humano y, para resolverlo, se divide en problemas de riesgo más pequeños; Unos de estos son a escala mundial y otros a escala local. Todo problema de riesgo a nivel local está inmerso en un problema a nivel mundial. Para resolver los problemas de riesgo a escala mundial intervienen grupos de países o países individuales, nada menor a esto y, para los de escala local intervienen un estado, una ciudad, un pueblo en crecimiento o algo menor.

Para bien de la sociedad, tanto local como mundial, la solución de todo problema de riesgo local debe usar el sustento y la dirección que le da la solución al problema a nivel mundial. No obstante, es aquí donde usualmente aparecen los conflictos de intereses a nivel mundial porque, cuando es grande el riesgo de que uno de los países industrializados se quede sin el mínimo de mercados que necesita para subsistir como gran nación o, que deje de existir como gran nación si se queda sin recursos naturales para uno de sus sectores industriales estratégicos lo hace ejercer, sin

-
- (1) **Capítulo 2 del reporte: Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.**
B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)
2007. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/contents.html
 - (2) **Disasters, development and environment (Capítulo 2)**
1994. Editado por Ann Varley & Contributors. Publicado por John Wiley & Son Ltd.
http://leeclarke.com/courses/disasters/cannon_vulnerability_analysis.pdf
 - (7) **Environmental performance reviews: Germany**
2001, Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)
Consulta en Noviembre del 2012 online de todo el reporte en
http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/oecd-environmental-performance-reviews-germany-2001_9789264189447-en
La página Web de la OECD es <http://www.oecd.org/>
 - (8) y (9) Idem en página 6
 - (14) **The Department of Homeland Security's Risk Assessment Methodology: Evolution, Issues, and Options for Congress**
Todd Masse, Siobhan O'Neil, John Rollins
2007. Congressional Research Service. Library of Congress.
Washington, DC. EUA.
<http://www.fas.org/sqp/crs/homesecc/RL33858.pdf>

consideraciones, todo su poder científico, económico, político y militar para mitigar o si es posible quitarse el riesgo.

En consecuencia, todo valuador al valuar un inmueble debe tener conciencia de que con los datos de riesgo que va a asentar en el formato de avalúo que llene, contribuirá a la formación de una base de datos que contendrá datos de riesgo de regiones enteras de la ciudad o de la localidad donde ha hecho su valuación y que dicha base de datos auxiliará a los tomadores de decisiones de los diferentes niveles: ciudad, región o nación para asignar recursos limitados a medidas más eficientes tendientes a evitar desastres producidos por fenómenos naturales o por actividades humanas.

Por lo tanto, estudiar el riesgo no parcialmente sino integralmente es necesario. Ejemplos que muestran esta necesidad son la explosión de la gasera de San Juanico y el temblor de 1985 en la Ciudad de México. Las características del terreno en las colonias grandemente afectadas por el temblor exigían que las edificaciones en ellos realizadas tuvieran estructuras antisísmicas y en San Juanico, la gasera exigía un área mínima de seguridad donde no debía haber edificaciones. Las magnitudes de los riesgos involucrados en estos dos casos nunca se tomaron en cuenta.

Objetivo ⁽¹⁷⁾

Los actores en el mercado inmobiliario: compradores, vendedores, intermediarios financieros, intermediarios de ventas y dependencias gubernamentales exigen estimaciones, lo más acertadas posibles, de los precios de los inmuebles ofertados y explicaciones claras, en lenguaje con pocos tecnicismos, de los sucesos que se están dando o que tengan la posibilidad de darse y que están afectando o pudieran afectar dichos precios estimados durante el tiempo de vida del negocio involucrado; Este tipo de estimaciones las exigen porque necesitan conocer los riesgos a los que se están exponiendo en la transacción de compra-venta que están negociando y poder decidir abandonar la negociación o negociar con bases más firmes, tomar las medidas adecuadas para minimizar dichos riesgos y realizar los movimientos financieros y legales necesarios para concretar la transacción de compra-venta.

En consecuencia, el objetivo de esta tesina es mostrar para la valuación a la medida de inmuebles una forma de desarrollar un algoritmo basado en el análisis económico-financiero que involucra ítems de riesgo del negocio en marcha o potencial negocio en marcha alojado en un inmueble específico y para la valuación masiva de inmuebles una forma de construir factores de demérito por riesgo. En ambos casos, el fin es poder reducir el valor de un inmueble por causa de los riesgos a los que está expuesto en el momento de su valuación y que puedan ser registrados y explicados en términos no técnicos en los formatos de avalúo inmobiliario con el fin de servir de medio para la creación de bases de datos de riesgo tomados en campo por especialistas en valuación inmobiliaria y satisfacer las exigencias del mercado inmobiliario.

(17) Idem en página 6

Tipos de riesgo en la Valuación Inmobiliaria ^{(9), (17)}

Tabla 1.- Ejemplos de riesgos relacionados con la valuación inmobiliaria

Riesgos de tipo económico	
Riesgo cambiario	Es la probabilidad de tener pérdidas debido a la depreciación de la moneda.
Riesgo de Crédito	El riesgo de que el deudor o la contra-parte de un contrato financiero no cumplan con las condiciones del contrato.
Riesgo de Mercado	Es la probabilidad de tener pérdidas debido a los movimientos en los precios de mercado.
Riesgo Operacional	Es la probabilidad de tener pérdidas debido a la inadecuación o a fallos de los procesos, el personal y los sistemas internos.
Riesgo de destrucción	La destrucción del inmueble puede ser total o parcial y debido a eventos naturales o humanos
Riesgos por toma de decisiones políticas	
Expropiación	Es la probabilidad de tener pérdidas por la toma forzosa del inmueble por el estado.
Aprobación de cambio de uso de suelo	Es la probabilidad de tener pérdidas por la decisión del estado de cambiar el uso del suelo donde está el inmueble.
Creación de corredor para manifestaciones	El inmueble o terreno puede estar ubicado sobre o cerca del corredor.
Aprobación de comercio ambulante	El inmueble o terreno puede estar ubicado sobre o cerca del área de tolerancia.
Construcciones relacionada con el transporte público	El inmueble o terreno puede estar ubicado sobre o cerca del área construida.
Riesgos de tipo social	
Riesgo de ser deteriorado o destruido	Pudiera ser por vandalismo o por conmoción social.
Comisión de un delito grave en el inmueble	Crimen, casa de seguridad.
Riesgo de ser invadido	Debido al empeoramiento de las condiciones económicas de la población
Riesgos de tipo ético	
Soborno	Cometido por los interesados en la transacción inmobiliaria.
Fraude	Cometido por el perito valuador

(9) y (17) Idem en página 6

El riesgo y la valuación inmobiliaria (2), (3), (8), (9), (17)

La valuación inmobiliaria se hace con fines económicos; Inversionistas, banqueros, funcionarios del gobierno, ejecutivos de empresas, proveedores e incluso, también, las personas que realizan transacciones inmobiliarias entre particulares, no solo valúan la solidez financiera de un negocio inmobiliario o de una persona participante en una transacción inmobiliaria, sino también, los riesgos a los que están expuestos los inmuebles y los sujetos involucrados antes de tomar decisiones relacionadas con la mejor forma de afrontar los riesgos que tomarían debido a la inversión directa en el negocio o, por los préstamos que se les harían o por los créditos que se les otorgarían.

En la valuación de un inmueble se exige considerar el entorno en el que se encuentra, del cual, se investiga su densidad de población, su densidad de vivienda, su nivel socioeconómico, las características mecánicas del suelo, las características topográficas del suelo, su accesibilidad, la calidad del equipamiento urbano y su cercanía al inmueble bajo valuación, la diversidad y calidad de los servicios disponibles; También, se exige considerar las características constructivas del inmueble y tanto el uso real que se le está dando al momento de ser valuado como el uso legalmente permitido que tiene; Todos los datos investigados se asientan en el formato de avalúo utilizado y se toman como base para la valuación del inmueble.

Todos los inmuebles están relacionados con las personas (ya como individuos o, como grupos de individuos o, como empresas o como grupos de empresas) a través del uso que se les da o se les intenta dar, lo cual, implica que en cualquier inmueble que se valúa, una o varias actividades desarrolladas por personas se realizan en él y, en consecuencia, las personas en ese inmueble y el inmueble mismo están expuestos a uno o más riesgos, no todos de la misma intensidad ni del mismo tipo.

En todo problema de riesgo que se aborde hay interacción social; Los riesgos a los que están expuestas las personas algunas veces los toman involuntariamente, otras veces los toman voluntariamente y otras ocasiones les son impuestos, por lo que, el valuador inmobiliario al valorar un inmueble necesita complementar su análisis cuantitativo de los riesgos a los que está expuesto el inmueble con el análisis de material ético tal como voluntariedad, consentimiento, intensión y justicia cuyos significados son relativos a las convenciones sociales, creencias religiosas, reglas culturales, definiciones legales, etc.

En la valuación inmobiliaria también se encuentra la valuación de inmuebles que están expuestos a riesgos mayores que la generalidad de los otros inmuebles porque tienen una importancia especial dada por las actividades que en ellos se realizan o por hechos que en ellos se desarrollaron y que les da algún tipo de valor: histórico, cultural, social, político, tecnológico, artístico, militar, económico o valor por la importancia de las personas que en él trabajan o habitan.

Por lo tanto, las causantes de riesgos a los que está expuesto un inmueble se encuentran no solo directamente en el inmueble sino también en su entorno, del que, se incluyen no solo los inmuebles y las instalaciones de servicios que en él existen, sino también, la comunidad tanto residente como flotante, de la que, se debe valorar su vulnerabilidad a sufrir algún desastre debido a la ocurrencia de un fenómeno natural o de una actividad humana que se realiza en su entorno o en el inmueble mismo.

Por lo tanto, en la valuación de un inmueble está involucrada una valuación de los riesgos a los que está expuesto el inmueble, en la que, se emplean al menos las áreas de conocimiento más

(2)
(3), (8), (9) y (17)

Idem en página 8
Idem en página 6

usuales en la práctica del quehacer humano: La economía, la sociología, la política, el derecho y las matemáticas.

Análisis del riesgo en la valuación inmobiliaria (2), (3), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (17)

- A. Desde el punto de vista de la probabilidad objetiva el riesgo se analiza observando y midiendo los resultados perjudiciales que se esperan pueda tener el inmueble y calculando la probabilidad de que suceda el evento de riesgo que produciría dichos daños esperados.
- B. Desde el punto de vista de la ética se utiliza una combinación de la probabilidad objetiva y de la probabilidad subjetiva para considerar, en cualquier problema de riesgo que se quiera solucionar, tanto las características inciertas e impredecibles de los eventos de riesgo de la naturaleza como las características subjetivas del ser humano que intervienen en su actividad cotidiana.
- C. Desde el punto de vista de la economía se consideran: El monto de la inversión que se debe hacer para afrontar los posibles daños en los inmuebles involucrados y que queda expuesta al riesgo, la probabilidad de la ocurrencia del evento de riesgo y la desviación estándar del rendimiento esperado respecto a la inversión libre de riesgo.
- D. Desde el punto de vista de la sociología se determina la vulnerabilidad de la gente que vive en un área determinada. Se pueden tratar tres aspectos de las condiciones en las que vive dicha gente:
 1. La capacidad para resistir el y recuperarse del azote del fenómeno de riesgo en caso de presentarse.
 2. La capacidad física y mental de los individuos para vivir conscientes del riesgo y, en su caso, de soportar el fenómeno, lo cual, depende del estándar de vida que llevan y lo eficiente de las instituciones de salud (públicas y privadas) del sistema social.
 3. El grado de preparación de los individuos para protegerse por si mismos y por medio de las instituciones de protección (públicas y privadas) del sistema social.

De estas tres condiciones cualitativas se puede crear una escala cuantitativa para medir la vulnerabilidad y con esta calcular una medida del riesgo. Por ejemplo, el número de gentes

(2) Idem en página 8

(3) Idem en página 6

(10) **What is the value of preventing a fatality?
Risk: Philosophical Perspectives (Capítulos 3)**
Jonathan Wolff
2007. Editado por Tim Lewens. Publicado por Taylor & Francis
New York, NY USA
<http://philpapers.org/rec/WOLWIT-2>

(11) Idem en página 7

(12) **Valuation of asset for the purpose of insurance.**
Prof. R.Qaiser, Faculty Member,
National Insurance Academy.
Pune, Maharashtra, India

<http://www.niapune.com/pdfs/Research/VALUATION%20OF%20ASSET%20FOR%20THE%20PURPOSE%20OF%20INSURANCE.pdf>

(13) **An introduction to underwriting profit models.**
Howard C Mahler.
1985. Editado por: Casualty Actuarial Society.
Arlington Co., Virginia, United States.

<http://casualtyactuarialsociety.net/pubs/proceed/proceed85/85239.pdf>

(14) Idem en página 8

(15) Idem en página 7

(17) Idem en página 6

con un nivel de vulnerabilidad respecto a un determinado fenómeno de la naturaleza de una intensidad dada será una medida parcial del impacto desastroso o no-desastroso que dichas personas recibirían. En áreas donde la gente encara el azote de múltiples fenómenos de la naturaleza el impacto de uno puede ser menos serio que otro, por lo que, los elementos de protección para la vulnerabilidad es específica al tipo de fenómeno de la naturaleza encarado. Debe recordarse que una de las funciones principales del inmueble en el que reside una persona es darle protección.

- E. Desde el punto de vista de la estructura de un problema de valuación inmobiliaria con condiciones de riesgo tendremos:
1. Un inmueble con características específicas y un suceso de riesgo con características inciertas con posibilidad de que ocurra con una intensidad impredecible.
 2. En caso de que ocurra el suceso de riesgo es posible que produzca un efecto dañino, de magnitud impredecible, al inmueble expuesto al riesgo.
 3. Para el inmueble expuesto al riesgo es probable que no haya medios que permitan evitar total o parcialmente el efecto adverso al que está expuesto o que haya dichos medios.

De estas 3 condiciones que nos proporcionan datos tanto cuantitativos como cualitativos se trata de inferir un valor cuantitativo para medir el riesgo.

Introducción a la valuación y administración del riesgo ⁽³⁾, (8), (10), (11)

La valuación inmobiliaria con condiciones de riesgo está inmersa en los procesos de toma de decisiones con condiciones de riesgo. El proceso estándar de toma de decisiones con condiciones de riesgo consta de los siguientes procedimientos que se realizan uno a continuación del otro:

Valuación del riesgo	Consiste en acopiar y evaluar información pertinente y con base en ella caracterizar el riesgo y hallar una manera de medirlo. Se hace uso solo de herramientas propias de la ciencia, y por tanto, se rige por valores epistémicos exclusivamente.
Administración del riesgo	Consiste en combinar datos económicos y tecnológicos relacionados con formas posibles de reducir, eliminar o asumir el riesgo, los resultados de la valuación hecha del riesgo y datos políticos y sociales con el fin de tomar una decisión para afrontar las consecuencias adversas esperadas del riesgo.

Para realizar la primera etapa del proceso de toma de decisiones con condiciones de riesgo los tres principales métodos generales que se han desarrollado para pesar cada una de las opciones que se tienen para elegir en un problema de valuación con condiciones de riesgo son:

1. El método de **la razón costo/beneficio** en el que se determina si los beneficios de un curso de acción elegido sobrepasan o no los costos de implementar dicho curso de acción.
2. El método, técnicamente llamado **del valor para prevenir o remediar una fatalidad**, en el que se toma un promedio de los valores que por encuesta directa se obtienen para la pregunta ¿Cuánto estaría dispuesta una persona a pagar de su propio dinero para contribuir a llevar a cabo un proyecto que implemente algún tipo de curso de acción que reduzca el riesgo de sufrir una pérdida total? o para la pregunta ¿Cuánto estaría dispuesta a pagar una persona por remediar el riesgo una vez que éste se presenta?
3. El método **multiatributos del análisis del riesgo** en el que se analizan las dificultades que surgen cuando se trata de elegir entre opciones que tienen diversas consecuencias.

Estos tres métodos generales para resolver problemas de valuación con condiciones de riesgo son aplicables a la valuación inmobiliaria con condiciones de riesgo.

En estos procedimientos generales cuantitativos, queda a discreción del valuador la elección de los indicadores que va a usar en la valuación del riesgo y que servirán, en la segunda etapa del proceso de toma de decisiones con condiciones de riesgo, para comparar las diferentes opciones de decisión, por ejemplo, pesos perdidos o salvados, vidas perdidas o salvadas, especies perdidas o salvadas, años de vida gastados o ganados, etc. y como darles peso si se usan diferentes indicadores simultáneamente. En los párrafos que siguen, vemos con más detalle estos tres métodos.

Métodos generales de valuación del riesgo

Método de la razón costo beneficio ⁽³⁾, (8)

El método de la razón costo beneficio consiste en determinar si los beneficios obtenidos por tomar un curso de acción frente al riesgo sobrepasan los costos de los daños obtenidos por no tomarlo.

(3) y (8) Idem en página 6
(10) Idem en página 12
(11) Idem en página 7

Esta determinación se hace para cada uno de los cursos de acción que se tengan para cada riesgo específico que se esté valuando. Como los beneficios y los daños en general son de naturaleza muy diferentes, para utilizar este método se necesita encontrar una unidad de medición común para poder comparar esas dos consecuencias diferentes; Por ejemplo, una moneda circulante o, vidas humanas o hectáreas de bosques.

El método de la razón costo beneficio mantiene que las consecuencias totales de una acción determinan si está correcta o equivocada; Asegura que la acción correcta es la que produce la cantidad neta más grande de beneficios, sin importar cómo se distribuyan los beneficios.

Este método es uno de los métodos formales más ampliamente usado por los tomadores de decisiones para darle peso a los costos y beneficios de las diferentes opciones con que cuentan para resolver un problema de riesgo.

De lo anterior, vemos que el método de la razón costo beneficio es cuantitativo, está basado en una clara metodología y se enfoca primordialmente en aspectos económicos. Esto significa que asuntos de equidad, moralidad y aceptabilidad pública son ignorados. Los impactos acumulables de irreversibilidad e irremplazabilidad son aspectos que, en general, también son ignorados. Este método depende de la cuantificación de todos los aspectos que uno quiera considerar en el análisis del riesgo y que puedan ser expresados en términos monetarios. Cuando los valores ambientales son convertidos a términos monetarios, implícitamente se asume que los bienes ambientales son intercambiables con los bienes manufacturados.

En la actualidad, en el uso práctico de este método, no solo los impactos de los fenómenos naturales son considerados, sino que, por el adelanto científico y tecnológico alcanzado, los efectos positivos y negativos de las actividades humanas también son de importancia. Los posibles daños resultantes de las actividades humanas siempre deben ser juzgados en base a los posibles beneficios que estas ofrecen. Similarmente, los efectos positivos y negativos de las medidas precautorias posibles tienen que ser considerados para evitar la inactividad.

Método del valor de prevenir una fatalidad o una pérdida total. ⁽¹⁰⁾

El valor de prevenir una muerte o una pérdida total también se conoce como el valor de una vida o un bien estadístico.

Este método para estimar el valor de prevenir una muerte o una pérdida total hace uso de datos estadísticos obtenidos por medio de encuestas y de datos asentados en regulaciones. La pregunta que, por dichos medios contesta, es la siguiente: Una vez diseñada una medida de seguridad para reducir el riesgo de muerte o de pérdida total, ¿en términos económicos o en algunos otros términos, valdrá la pena invertir tiempo, dinero y esfuerzo para implantarla?

Para contestar la pregunta anterior, este método se vale de las siguientes tres preguntas:

1. ¿Cuánto costará implantar la nueva medida de seguridad diseñada para reducir el riesgo de muerte o pérdida total?
2. ¿Cuántas vidas o bienes en términos estadísticos o probabilísticos se puede esperar que se salven o se pierdan?
3. ¿De acuerdo a los documentos legales pertinentes, cuál es la cantidad monetaria asentada en ellos para la salvación de dicha vida o bien salvado?

Porque, con las contestaciones de las primeras dos preguntas se calcula el costo de la medida

(10) Idem en página 12

diseñada por vida o bien estadístico salvado o perdido y, con la contestación a la tercera se obtiene la cantidad monetaria aceptada en los documentos legales para la salvación de dicha vida o bien estadístico.

Finalmente, se comparan el costo calculado y la cantidad legalmente aceptada. Si el costo calculado es mucho mayor que la cantidad legalmente aceptada, se toma el costo calculado como el valor de prevenir una fatalidad o una pérdida total; En caso contrario el método aborta.

En este método, el diseño de la encuesta depende de la forma como se considere una vida o un bien estadístico y del tipo de evento de riesgo que se esté tratando. Las dos formas de considerar una vida o un bien estadístico que este método utiliza son:

- 1) Se asume que cualquier persona o bien es una fuente potencial de ingresos, por lo que, el valor de prevenir una muerte o una pérdida total es equivalente al costo de perder ese ingreso potencial y, por tanto, su magnitud se estima en términos de inversión para el salvamento de vida o de pérdida total porque, se piensa en las consecuencias económicas de salvar una vida o un bien estadístico.
- 2) Se piensa en la reducción de un riesgo para una gran cantidad de personas por lo que la magnitud del valor de prevenir una muerte o una pérdida total se estima en términos de pago para la reducción de riesgo el cual, se puede manejar basándonos en lo que en el mercado los interesados ya están pagando por esa reducción de riesgo o en lo que estarían dispuestos a pagar por esa reducción de riesgo. En el primer caso a este método se le adjetiva como método de preferencias reveladas y la guía para la estimación es el comportamiento real del mercado; En el segundo a este método se le adjetiva como método de preferencias expresadas y la guía para la estimación son hipótesis de posibles pagos (este tipo de estimación se llama valuación contingente).

Por otro lado, los dos tipos en los que este método divide los eventos de riesgo son:

1. Los eventos catastróficos en los que el evento de riesgo sucede muy ocasionalmente pero, al suceder el evento de riesgo afecta a muchas personas y/o a muchos bienes en un tiempo corto y quedan efectos por algún tiempo más.
2. Los eventos de corriente estacionaria en los que el evento de riesgo sucede con frecuencia y al suceder el evento de riesgo afecta a muy poca gente y/o a muy pocos bienes y no quedan efectos por más tiempo.

El riesgo de un desastre natural es muy diferente al riesgo de un desastre creado por una actividad humano. En general, los eventos catastróficos son producto de la naturaleza y los eventos de corriente estacionaria son producto de las actividades humanas. Los riesgos catastróficos dan lugar a estudios sobre lo que los gobiernos o empresas grandes están dispuestos a pagar para reducir el riesgo en beneficio de sus ciudadanos o de sus empleados. Los riesgos de corriente estacionaria dan lugar a estudios sobre lo que las personas o empresas pequeñas están dispuestas a pagar para asegurarse una reducción del riesgo.

El método multiatributos para la valuación de riesgos ^{(3), (8), (11)}

Asignar prioridades a los elementos de un conjunto de riesgos es diferente a darles un orden. Dar prioridades implica ordenar pero ordenar, no implica dar prioridades.

El método multiatributos para la valuación de riesgos es un método que jerarquiza un conjunto de

(3) y (8) Idem en página 6
(11) Idem en página 7

riesgos previamente elegidos y ordenados a discreción y, en consecuencia, jerarquiza los requerimientos de seguridad asociados. Hace uso de un cuestionario para obtener una lista ordenada de los riesgos que tiene una empresa o un gobierno según la experiencia del equipo de la empresa o del gobierno encargado de los requerimientos de seguridad de la empresa o del gobierno. Se basa en las incertidumbres respecto al momento de la ocurrencia del suceso de riesgo y la severidad del daño que ocasionará y, con estos datos, calcula un índice numérico para cada riesgo y los usa para jerarquizarlos, luego, al hacer variar estas incertidumbres, se observa la sensibilidad de las suposiciones con las que se alimenta al método y las estimaciones subjetivas de las severidades dadas por el equipo que eligió y ordeno los riesgos a los que esta expuesto la empresa o el gobierno. Dependiendo de la forma como se calculan los índices numéricos para cada riesgo considerado el método se denominan lineal, aditivo, multiplicativo, de potencia, entre otros.

La terminología más relevante de este método es la siguiente:

1. Amenazas son los eventos que si ocurren causan daños o inconvenientes a los sujetos expuestos al riesgo, también se les llama eventos de riesgo.
2. Un ataque [a] es una amenaza cumplida, esto es, la ocurrencia de un evento de riesgo.
3. Un resultado del ataque [O_a] es el daño o el inconveniente ocasionado por la ocurrencia del evento de riesgo al sujeto expuesto al riesgo.
4. Los atributos [X_i] del resultado del ataque son las consecuencias del resultado del ataque, esto es, los resultados concretos del daño ocasionado por la ocurrencia del evento de riesgo al sujeto expuesto al riesgo. Puede ser representado por una función que se le llama función del resultado concreto del daño.
5. El valor de un atributo [X_i] es la cuantificación del atributo, esto es, el valor de un resultado concreto del daño.

Por lo tanto, un resultado " O_a " de un ataque "a" puede ser descrito, con los valores de sus atributos " X_i " como un vector $O_a(x_1, x_2, \dots, x_n)$

Los parámetros de entrada que necesita el método multiatributos para la valuación de riesgos se obtienen por medio de un cuestionario. Es una lista ordenada de los riesgos que según los cuestionados tiene el sujeto, de los momentos posibles en los que pudieran ocurrir los eventos de riesgo listados y, los posibles diferentes daños que cada evento de riesgo listado, al ocurrir, pudiera ocasionar. Se involucran cantidades probabilísticas, de incertidumbres y de cualidades como, por ejemplo, las actitudes de los cuestionados respecto al riesgo.

Con los datos anteriores, se valúan cuantitativamente los riesgos listados. Si se usa la forma de cálculo aditiva, se emplea la forma general de la función de valor aditivo siguiente:

$$v(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(x_i)$$

donde para cada $i = 1, \dots, n$

$v_i(x_i)$	es una función de valor que depende solo del atributo x_i
w_i	es un factor de peso para la función de valor $v_i(x_i)$
$v(x_1, x_2, \dots, x_n)$	es el valor calculado para el riesgo con atributos (x_1, \dots, x_n)

Algunas fórmulas utilizables en cualquiera de los tres métodos anteriores ^{(8), (12), (13), (14), (17)}

Las variables y funciones necesarias para poner en práctica los métodos anteriores en la valuación de un inmueble en particular pueden ser determinísticas, probabilísticas objetivas, probabilísticas subjetivas, estadísticas. Pueden involucrar álgebra, trigonometría, cálculo diferencial, cálculo integral, probabilidad objetiva, probabilidad subjetiva, estadística y los criterios para definir las pueden ser económicos, sociales, políticos.

Las fórmulas utilizadas en los métodos de valuación de riesgos anteriores van desde el uso de simples razones entre variables determinísticas consideradas importantes hasta el uso de relaciones entre variables basadas en la probabilidad subjetiva. Cuatro ejemplos de fórmulas, representativos de cuatro posibles situaciones que podemos encontrar en la práctica de la valuación inmobiliaria, que pueden ser utilizadas en los tres métodos generales antes mencionados, son los siguientes:

Fórmula dada a través de una definición

Según el estándar sobre la administración del riesgo ISO/IEC Guide 73 (200), Riesgo es la combinación de la probabilidad de un evento y sus consecuencias. Luego, entre las diversas formas como podemos hacer esta combinación está la consecuencia perdida y, por tanto, la definición de riesgo puede ser la combinación de la probabilidad de un evento y alguna pérdida consecuente. De aquí que, la fórmula clásica para cuantificar el riesgo combina la magnitud del daño y la probabilidad de que ocurra el daño de la manera siguiente:

Riesgo = Probabilidad x Daño.

Fórmula dada a través de características

Cada inmueble tiene una combinación propia y única de las siguientes características, la cual, puede aumentar o disminuir los niveles de los daños que puede sufrir el inmueble por los diferentes riesgos a los que está expuesto.

Características de la localización del inmueble respecto a fuentes de riesgo:

Condiciones socioeconómicas del vecindario: según el grado de vandalismo existente en el entorno del inmueble, las consecuencias de dicho riesgo, al que está expuesto, varía entre un ligero deterioro hasta la pérdida total.

Agua: la cercanía a causas de agua permanentes o temporales o a depósitos de agua naturales o artificiales aumentan el nivel de las consecuencias y la exposición del inmueble al riesgo de inundación. Según su cercanía a la fuente de agua, el rango del daño que puede sufrir el inmueble varía entre un ligero deterioro hasta la pérdida total. Por el contrario, la cercanía a una fuente de agua disminuye el nivel de las consecuencias por la exposición del inmueble al riesgo de incendio porque, cualquier conato de incendio podría ser controlado y extinguido con rapidez.

Fuego y explosión: la cercanía a una maderería, una gasolinería, un depósito de gas explosivo, a

(8)	Idem en página 6
(12) y (13)	Idem en página 12
(14)	Idem en página 8
(17)	Idem en página 6

una central nucleoelectrónica aumentan el nivel de las consecuencias y la exposición del inmueble a los riesgos de fuego, explosión o ambas. Según su cercanía a la fuente de riesgo, el rango del daño que puede sufrir el inmueble varía entre un ligero deterioro hasta la pérdida total.

Azote de fenómenos naturales: la ubicación de un inmueble en una zona en la que periódicamente o aleatoriamente golpean uno o más fenómenos naturales de riesgo, tales como, terremotos, maremotos, erupciones volcánicas, ciclones, deslaves, aumenta o disminuye las consecuencias que sufriría por la combinación de riesgos al que, por dichos fenómenos naturales, el inmueble está expuesto.

Características del inmueble relacionadas con:

Su construcción: según la combinación que el inmueble tenga de los materiales usados en la construcción de su obra gruesa y de sus acabados, aumentan o disminuyen las consecuencias que sufriría por la combinación de riesgos al que, por dicha combinación de materiales, el inmueble está expuesto.

Sus instalaciones: En un inmueble, la capacidad nominal de servicio que tienen sus instalaciones: eléctrica, de plomería, de aire acondicionado, de gas, de teléfono, de alarma; El desgaste que tienen por su uso y su edad; El tipo de energía que utilizan para funcionar; El apego que tienen a las normas de seguridad recomendadas para su hechura, aumentan o disminuyen las consecuencias que sufriría tal inmueble por la combinación de riesgos al que, por dicha combinación de instalaciones, está expuesto.

Sus construcciones adicionales: Fuertes alteraciones a la estructura de un inmueble o construcciones mayores en el terreno donde está edificado tales como: alberca con cuarto de calderas, cuarto de almacenamiento, vestidores, regaderas y servicio de alimentos y bebidas, aumentan o disminuyen las consecuencias que sufriría el inmueble principal por la combinación de riesgos al que, por dichas construcciones adicionales, está expuesto.

El uso real que se le está dando: El cambio del uso aprobado para el cual un inmueble fue diseñado y construido cambia también, automáticamente, los riesgos a los que se expone el inmueble.

Características del suelo donde está desplantado el inmueble: el tipo de suelo en el que está edificado un inmueble: rocoso, arenoso, arcilloso, consolidado suelto, de origen lacustre, volcánico o de relleno natural o artificial, geológicamente antiguo o reciente, sobre cavernas naturales o artificiales, plano o con depresiones, nivelado o con pendiente, aumentan o disminuyen las consecuencias que sufriría por la combinación de riesgos al que, por dichas características del suelo, el inmueble está expuesto.

Todas estas características mencionadas en los párrafos anteriores definen variables tanto cualitativas como cuantitativas asociadas al inmueble las que, con sus valores, determinan los niveles de riesgo a los que está expuesto el inmueble. Cada característica tiene su propia importancia, esto es, su propio factor de peso en las fórmulas de cálculo de riesgo en las que intervengan. En general, las variables cuantitativas dan lugar a variables determinísticas o probabilísticas y, las variables cualitativas a variables probabilísticas o de incertidumbre. Como no hay dos inmuebles iguales, aun cuando sean hechos en serie, tenemos que, cada inmueble tiene su propio conjunto de riesgos a los que está expuesto y su propio conjunto de variables que se usan para calcular valores para tales riesgos.

Fórmula dada a través de un algoritmo

Para los inmuebles que están expuestos a eventos de alto riesgo, con poca frecuencia, pero de consecuencias catastróficas por actividad de la naturaleza o frecuentes pero de efectos focalizados por actividad humana, tales como, los construidos a la orilla del mar en zonas ciclónicas o, en zonas muy sísmicas o, los que en ellos funcionan negocios como grandes restaurantes o que son bodegas de materiales muy peligrosos o muy pesados, para conservarlos en condiciones funcionales aceptables, se programan reservas de dinero para poder hacer frente al mantenimiento o reparaciones no periódicas y aleatorias que necesitan por los daños que les ocasionan tales eventos de riesgo. Los daños que reciben pueden variar en magnitud desde ligero hasta la pérdida total.

Una forma para elaborar el programa para tener la reserva monetaria para contingencias necesaria es la siguiente:

1. Se elabora un flujo de caja de depósitos de dinero como fondo para contingencias, los cuales, se invierten en inversiones que, en ningún momento, les quiten liquidez, antes de pagar las pérdidas y gastos estadísticamente previstos.
2. La tasa de interés de las inversiones anteriores es r .
3. Se acepta inversiones de terceros para contingencias que mientras no se usen son invertidas, sin que pierdan liquidez, con una tasa de interés r .
4. La tasa de rendimiento de las inversiones de terceros se fija en R .
5. Se elabora un flujo de caja de gastos por contingencias sufridas.
6. Se elabora un flujo de caja de gastos administrativos.
7. Se elabora un flujo de caja de gastos de impuestos.
8. Se considera que la tasa de descuento para cálculos de valores presentes es r .

De lo anterior obtenemos las siguientes 2 ecuaciones con las 2 incógnitas u y P^* siguientes:

$$P^* = u * P^* + L + E + T^* \quad (1)$$

$$R * S = r * S + P^{*'} - (L' + E' + T^{*'}) \quad (2)$$

donde:

P^*	son los depósitos del fondo para contingencias.
L	son los gastos por riesgos sufridos.
E	son los gastos administrativos.
T^*	son los impuestos pagados sobre P^*
$P^{*'}$	es el valor presente de P^* .
L'	es el valor presente de L .
E'	es el valor presente de E .
$T^{*'}$	es el valor presente de los impuestos pagados.
S	es la inversión total del apoyo financiero.
R	es la tasa de rendimiento de S .
r	es la tasa de rendimiento de las inversiones del fondo y prestamos para contingencias y de descuento para cálculo de valores presentes.
u	es el porcentaje de P^* que se va a usar para afrontar el costo del apoyo financiero.

Definiendo T^* , $T^{*'}$, $P^{*'}$ y S como proporciones de P^* :

$$T^{*' } = h \cdot T^*$$

$$\begin{aligned}T^* &= t \cdot P^* \\P^* &= g \cdot P^* \\S &= P^* / s\end{aligned}$$

Sustituyendo dichas proporciones en (1) y (2) y despejando respectivamente u y P* tenemos:

$$u = 1 - \left(t + \frac{L+E}{P^*} \right) \quad (3)$$

$$P^* = \frac{L'+E'}{\frac{r}{s} + g - t * h - \frac{R}{s}} \quad (4)$$

Finalmente, sustituyendo (4) en (3) obtenemos para u:

$$u = 1 - t - \frac{\frac{r}{s} + g - t * h - \frac{R}{s}}{\frac{L' + E'}{L + E}}$$

Fórmula dada a través de una definición aumentada

El problema del riesgo en la valuación inmobiliaria puede atacarse de las siguientes dos formas que se complementan entre si. Una es considerando los inmuebles individualmente y la otra es considerando los inmuebles en conjunto en una área geográfica definida, según se trate de riesgo catastrófico o focalizado.

Para atacar el problema del riesgo en un área geográfica definida se toman características generales del área, por ejemplo, su tipo de suelo, su topografía, la existencia y distribución en el área de barreras naturales que mitigan los efectos del riesgo, la localización dentro del área de la trayectoria seguida por la fuente de riesgo, la densidad de inmuebles, la vulnerabilidad en el área, la existencia y distribución de fuentes secundarias de riesgo individuales (emisión de gases tóxicos, fuego, explosión,..) dentro del área, la densidad de población, la densidad de inmuebles, entre otras.

Como sabemos la valuación clásica del riesgo se define como el producto de la probabilidad de la ocurrencia del evento de riesgo por la medida de las posibles consecuencias monetarias que acarreará.

En la aplicación de esta representación clásica al problema del riesgo en un área geográfica definida, las posibles consecuencias se pesan usando la vulnerabilidad del área, de modo que, la fórmula para valorar el riesgo al que está expuesta un área geográfica definida es

$$R = T * V * C$$

donde:

R es el valor del riesgo

T es la probabilidad de la ocurrencia del evento de riesgo.

V es el valor de la vulnerabilidad del área.

C es el valor de las posibles consecuencias.

La administración del riesgo ⁽³⁾, ⁽⁸⁾, ⁽¹⁴⁾

Aun cuando esta tesina no es sobre la administración del riesgo sino sobre la valuación del riesgo, por estar íntimamente ligadas ambas especialidades, a continuación tocaremos brevemente la administración del riesgo.

En la actualidad la administración del riesgo está fuertemente basada en el principio de precaución y en la teoría de decisiones.

El principio de precaución:

- exige responsabilidad en favor de las generaciones futuras y, por tanto, que se preserven las fuentes de la naturaleza fundamentales para la vida. Por tanto, pide que anticipadamente se eviten los daños irreversibles a la naturaleza sin menoscabo de las oportunidades que esta ofrece. Esto se logra detectando previamente los peligros a la salud y el ambiente con investigaciones de relaciones causa-efecto.
- no intenta la eliminación de riesgos sino el logro de tener riesgos más aceptables. No es emotivo sino racional basado en la ética. No es un algoritmo para toma de decisiones.
- exige una clara separación funcional entre los que realizan la valuación del riesgo y los que toman decisiones finales sin romper la íntima relación que existe entre la valuación y la administración del riesgo.
- no frena tomar decisiones cuando aun no se tiene un conocimiento cierto de las consecuencias de los riesgos inducidos por las nuevas tecnologías. Esto significa que no deja de estimular tanto el avance de la ciencia como el desarrollo y diversificación de nuevas tecnologías para evitar lo más posible el uso de tecnologías riesgosas.

La lógica de la teoría de decisiones es sencilla: Se trata de elegir un curso de acción de entre varios posibles de los que, en general, conocemos algo sobre las consecuencias de cada curso de acción posible y una valuación de cada una de ellas.

En general, en la práctica se encuentran los siguientes 4 tipos básicos de problemas de toma de decisiones:

1. Decisión con certidumbre: En este caso se conocen los posibles resultados (efectos benéficos y adversos) de las diversas elecciones.
2. Decisión con riesgo: En este caso se conocen los posibles resultados y la probabilidad de cada uno de ellos.
3. Decisión con incertidumbre: En este caso se conocen los posibles resultados y no se conoce la probabilidad de cada uno de ellos.
4. Decisión con ignorancia: En este caso no se conocen los posibles resultados o sus magnitudes y relevancia o se tiene un vago conocimiento de ellos. Tampoco se tienen bases para hablar de probabilidades.

La siguiente es una regla sencilla que se puede usar para hacer una decisión relacionada con el riesgo. Está basada en la razón costo beneficio:

- Si esa razón es favorable, se debe correr el riesgo porque los beneficios ganados al realizar el curso de acción por la ocurrencia del evento de riesgo sobrepasan los costos de los daños que se obtendrían por no realizarlo.
- Si esa razón no es favorable, no se debe correr el riesgo porque los beneficios ganados al realizar el curso de acción por la ocurrencia del evento de riesgo no sobrepasan los costos de los daños que se obtendrían por no realizarlo.

(3) y (8) Idem en página 6

(14) Idem en página 8

Los indicadores y los factores de riesgo en la valuación inmobiliaria. ⁽¹⁷⁾

En la práctica de la valuación inmobiliaria, el estudio integral del mercado inmobiliario existente en el momento de la valuación es primordial. Se obtienen datos financieros, socioeconómicos, técnicos, geográficos, políticos, de administración pública. Se recopila información tanto de la zona en la que se encuentra localizado el inmueble sujeto como del inmueble sujeto en sí. La información recopilada contiene tanto información disponible en estadísticas como información tomada directamente en campo por el valuador inmobiliario. De gran relevancia es la evidencia fotográfica que se toma de las características del inmueble bajo valuación, de la zona en la que se encuentra y de los inmuebles comparables ofertados.

Un avalúo inmobiliario es un instrumento auxiliar importante en la negociación de una transacción inmobiliaria en la que participa el inmueble sujeto, de aquí la necesidad de asentar en los formatos de los avalúos que el valuador entrega a los actores del mercado inmobiliario, no solo los datos de la valuación realizada para el inmueble sujeto sino también datos referentes a las diversas ordenanzas gubernamentales aplicables al inmueble sujeto, a los lineamientos generales sobre valuación inmobiliaria emitidos por instituciones privadas, a las limitaciones legales aplicables al inmueble sujeto, a la tendencia del valor en el mercado inmobiliario respecto al tipo del inmueble sujeto y a los riesgos que está encarando dicho inmueble.

Un lugar donde habitar y/o trabajar es una necesidad primordial del ser humano, por tanto, los inmuebles son un producto de primera necesidad en el mercado y aptos tanto para la producción a la medida como para la producción masiva. Existen los sistemas constructivos concebidos para hacer producción a la medida de inmuebles y los concebidos para hacer producción masiva de inmuebles. Ahora, como los inmuebles producidos a la medida difieren de los producidos en masa, es una necesidad del mercado inmobiliario contar con una forma de valuación apropiada para cada uno de los dos tipos de inmuebles. Por tanto, como la valuación de inmuebles es un servicio necesario para un producto de primera necesidad, es natural la existencia en el mercado inmobiliario de los servicios tanto de valuación a la medida como de valuación masiva de inmuebles y lógica la existencia de formas de hacer valuación a la medida de inmuebles y formas de hacer valuación masiva de inmuebles. Sin embargo, si los inmuebles por valuar se encuentran en zonas altamente sísmicas, es ineludible involucrar en su valuación la valuación del riesgo por macrosismo que encaran independientemente de su forma de producción.

Es conocido que la valuación de un inmueble puede hacerse por medio de análisis económicos y financieros o por medio de parámetros específicos de los inmuebles y de sus entornos. Ambos medios valúan en tiempo presente. El primero es más apto para la valuación a la medida de inmuebles y el segundo para la valuación masiva de inmuebles. El primero es apto para valuar inmuebles en los que existe un negocio en marcha o que tienen potencialidad de ser usados en la concreción de algún proyecto de negocio en marcha rentable y el segundo es apto para valuar inmuebles en los que no existe negocio en marcha ni tienen potencialidad para albergar negocios redituables.

En lo que sigue, se tratan los dos tipos de valuación para valuar el riesgo por macrosismo que encara un inmueble desplantado en una zona sísmica.

(17) Idem en página 6

Valuación del riesgo por macrosismo para un inmueble valuado a la medida y desplantado en una zona sísmica. ^{(17), (21), (22)}

Los indicadores que nos ayudan a estimar las consecuencias de un macrosismo en un inmueble, que por sus características financieras, y/o económicas, y/o políticas y/o sociales su valuación debe realizarse a la medida, se encuentran en su estructura, en sus características arquitectónicas, en las características de su suelo y en las restricciones legales que soporta; Es por esto que, en su valuación se consideren indicadores pertenecientes a los diseños estructural y arquitectónico e indicadores que afecten tales indicadores. Para todos los indicadores mencionados se especifican valores mínimos en normas generalmente gubernamentales.

Indicadores relevantes para el diseño estructural del inmueble bajo valuación son el coeficiente sísmico que depende de la ubicación geográfica, del tipo de suelo y del tipo y resistencia de la estructura a la fuerza cortante que el sismo ejerce en su base, del amortiguamiento al movimiento oscilatorio que el sismo produce en el edificio en los diferentes niveles del inmueble y del destino del inmueble, mayor para los edificios importantes en el caso de una crisis urbana, todo ello de acuerdo con las normas de diseño sísmico ; Indicadores para el diseño arquitectónico son la localización de las salidas de emergencia, las características geométricas tanto de las circulaciones que conducen a las salidas de emergencia como las de las escaleras de emergencia, la iluminación de emergencia en las áreas citadas, características contempladas en las normas de habitabilidad. Ambas normas incluidas en los reglamentos de construcción. Indicadores que afectan los indicadores anteriores son el uso real que se le está dando al inmueble y el tipo de terreno en el que está desplantado el inmueble sujeto. En el momento de ocurrencia de un macrosismo, para determinar el valor del riesgo por sismo que encara un inmueble se usan los valores que en ese momento tienen los indicadores antes mencionados.

El método de valuación del riesgo por macrosismo que encara un inmueble bajo valuación propuesto en esta parte de esta tesina es válido para cualquier inmueble que requiera valuación a la medida porque, en el momento que ocurre el fenómeno natural macrosismo, su acción ante el embate del sismo que experimenta un inmueble es ciego al por qué los indicadores de riesgo usados para hacer su valuación tienen los valores que tienen, en consecuencia, el tratamiento de valuación que se le da al inmueble es el mismo si es viejo o nuevo, si había normas contra sismos o no cuando se construyó, si las normas contra sismos eran adecuadas o no, si los valuadores inmobiliarios tenían experiencia para valorar riesgo por macrosismo o no, de ahí la importancia de que el valuador exija los certificados de seguridad estructural y de habitabilidad para los edificios construidos en la Ciudad de México antes del sismo de 1985.

En el caso de que, en opinión del corresponsable de cualquiera de las dos especialidades (valuación a la medida y valuación masiva) considere no ser satisfactorias las condiciones del inmueble de acuerdo con las normas citadas, el valuador debe pedir asesoría para estimar el monto de las inversiones requeridas para que el edificio en estudio las cumpla para considerarlas en su avalúo.

(17) Idem en página 6

(21) **Reglamento de construcciones para el Distrito Federal**

Gaceta Oficial del Distrito Federal. 29 de Enero del 2004.

(22) **Normas técnicas complementarias para diseño por sismo y para el proyecto arquitectónico.**

Normas técnicas complementarias sobre criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones Gaceta Oficial del Distrito Federal, Tomo II No 103-Bis. 6 de Octubre del 2004.

Algoritmo para valorar el riesgo por macrosismo para un inmueble valuado a la medida y desplantado en una zona sísmica.⁽¹⁷⁾

En esta tesina propongo la siguiente forma de valorar el riesgo por macrosismo que encara un inmueble que debe ser valuado a la medida.

1. Para el inmueble sujeto en su estado original, por medio del análisis económico-financiero del negocio en marcha o del potencial negocio en marcha alojado en dicho inmueble sujeto, obtenemos la razón

Utilidades Antes de Impuestos / Ventas

Dicha razón nos da el rendimiento antes de impuestos del negocio analizado en función del valor del inmueble sujeto. Esto es, al variar el valor del inmueble sujeto variamos el rendimiento del negocio analizado.

1. Como las erogaciones necesarias para que el inmueble sujeto satisfaga los requerimientos de seguridad contra macrosismos marcados en las normas afectan el valor del inmueble sujeto, y por tanto, el del rendimiento del negocio en marcha o del potencial negocio en marcha alojado en el inmueble sujeto, recalculamos la razón del paso uno considerando dichas erogaciones.
2. Tomamos la diferencia en los valores que se obtienen para el mencionado rendimiento como medida del riesgo por macrosismo que encara dicho inmueble sujeto.

La forma de hacer el análisis económico-financiero del negocio en marcha o del potencial negocio en marcha alojado en el inmueble sujeto puede realizarse con el algoritmo, implementable en una hoja de cálculo, siguiente:

1. Se elabora un flujo de caja de ingresos por ventas de la producción del negocio potencial o en marcha.
2. Se elabora un flujo de caja de ingresos por inversiones de terceros para apalancamiento del negocio potencial o en marcha.
3. Se elabora un flujo de caja de ingresos por inversiones de terceros para construcciones para cumplimiento de normas sísmicas.
4. Se elabora un flujo de caja de egresos por la producción del negocio potencial o en marcha.
5. Se elabora un flujo de caja de egresos por administración del negocio potencial o en marcha.
6. Se elabora un flujo de caja de egresos por comisiones por las ventas de la producción del negocio potencial o en marcha.
7. Se elabora un flujo de caja de egresos por las construcciones necesarias para el cumplimiento de las normas sísmicas.
8. Se elabora un flujo de caja de egresos por la administración necesaria para las construcciones para el cumplimiento de las normas sísmicas.
9. Se elabora un flujo de caja de egresos por amortización del capital de terceros para apalancamiento.
10. Se elabora un flujo de caja de egresos por amortización del capital de terceros para construcciones.
11. Se elabora un flujo de caja de egresos por amortización del costo del capital de terceros para apalancamiento.

(17) Idem en página 6

12. Se elabora un flujo de caja de egresos por amortización del costo del capital de terceros para construcciones.
13. Se elabora un flujo de caja de egresos por amortización del capital de riesgo para las primeras etapas de operación del negocio potencial o en marcha.
14. Se elabora un flujo de caja de egresos por amortización del capital de riesgo para construcciones.
15. Se elabora un flujo de caja de egresos por amortización del costo del capital de riesgo para las primeras etapas de operación del negocio potencial o en marcha.
16. Se elabora un flujo de caja de egresos por amortización del costo del capital de riesgo para construcciones.

De lo anterior obtenemos la ecuación con una incógnita, E_I , siguiente:

$$F(E_I) = \frac{U_{AI} * 100}{I_V} = \frac{(I_V + I_A + I_C - E_B - E_I - E_C - E_{AC} + C_{R1} + C_{RC1} - C_A - C_C - C_R - C_{RC} + C_{R2} - A_1 - A_2) * 100}{I_V}$$

donde:

$F(E_I)$	Utilidades antes de impuestos/Ventas.
U_{AI}	Utilidad antes de impuestos.
I_V	Ingresos brutos por ventas.
I_A	Ingresos por apalancamiento.
I_C	Ingresos por capital de terceros para construcciones.
E_B	Egresos brutos del negocio (administración, comisiones de ventas,...)
E_I	Egresos por adquisición del inmueble (variable del algoritmo).
E_C	Egresos por construcciones para cumplimiento de normas.
E_{AC}	Egresos por administración de construcciones.
C_{R1}	Aportación de capital de riesgo para operación del negocio en su etapa inicial.
C_{RC1}	Aportación de capital de riesgo para adquisición del inmueble en su estado original y etapa inicial de construcción para cumplir normas.
C_A	Costo del apalancamiento.
C_C	Costo del capital de terceros para construcciones.
C_R	Costo del capital de riesgo aportado C_{R1} .
C_{RC}	Costo del capital de riesgo aportado C_{RC1} .
C_{R2}	Aportación de capital de riesgo para costos de capital.
A_1	Amortiguamiento de apalancamiento y capital de riesgo.
A_2	Amortiguamiento de costos de capital.

En la primera aplicación de este algoritmo, I_C , E_C , E_{AC} , C_C son cero porque no se está construyendo nada y C_{RC1} y A_2 no tienen términos de construcción, pero en la segunda aplicación del algoritmo todas esas cantidades son diferentes de cero porque se está construyendo para cumplir las normas.

Finalmente, para el riesgo que encara el inmueble en su estado original tenemos:

$$R = F(E_{I1}) - F(E_{I0})$$

donde:

R	Riesgo por macrosismo que encara el inmueble en su estado original.
$F(E_{I0})$	Utilidades antes de impuestos/Ventas antes de hacer construcciones para cumplir normas contra macrosismos.
$F(E_{I1})$	Utilidades antes de impuestos/Ventas considerando construcciones para cumplir normas contra macrosismos.

Valuación del riesgo por macrosismo para un inmueble valuado masivamente y desplantado en una zona sísmica

Entendiendo la valuación masiva de inmuebles la aplicable a la vivienda horizontal unifamiliar de interés social, el procesamiento de la información, para este tipo de valuación inmobiliaria, que da como resultado el valor del inmueble sujeto en el mercado inmobiliario en el momento de su valuación, consta de la aplicación de tres procedimientos de valuación ajenos entre sí: el de capitalización de rentas, el de reposición física del inmueble y el método de mercado. Es primordialmente para este tercer procedimiento que se definen y usan factores de ponderación, también llamados factores de homologación. Del estudio de mercado realizado se obtienen datos de inmuebles ofertados comparables al inmueble sujeto de la valuación en curso. Con dichos datos se homologan los inmuebles ofertados al inmueble sujeto por medio de los factores de homologación, con los que se premian o castigan los valores indagados de los inmuebles comparables por las características que los diferencian del inmueble sujeto. Así, se determina el valor del inmueble sujeto en el mercado inmobiliario en el momento de su valuación en base a los valores indagados de los inmuebles comparables. Algunas características que diferencian a los inmuebles entre si son sus edades, sus estados de conservación, los estacionamientos que tienen, sus capacidades para afrontar riesgos, sus áreas de desplante, la regularidad de sus desplantes. Los factores de ponderación por riesgo ayudan a homologar las diferencias en la capacidad que tiene los inmuebles para afrontar eventos de riesgo como son sismos, inundaciones, explosiones, deslizamientos de tierra, incendios, vandalismo, hundimiento, sabotaje, terrorismo, entre otros.

Construcción de un factor de riesgo por macrosismo ⁽⁸⁾, (12), (14), (15), (17)

En general, cuando por las necesidades que tienen los mercados, los problemas que plantean rebasan la capacidad de solución de las herramientas y las tecnologías existentes, la ciencia y la ingeniería responden con nuevas herramientas matemáticas y tecnologías. El mercado inmobiliario es un ejemplo de esto. Riesgos encarados por los actores y los inmuebles del mercado inmobiliario tales como las pérdidas que se sufrirían en caso de la devaluación de la moneda se resuelven a satisfacción del mercado inmobiliario con solo herramientas determinísticas pero, no así se pueden resolver problemas de riesgo tales como los producidos por elegir una de las diferentes combinaciones elegibles de factores de producción para producir un inmueble específico. Estos se resuelven agregando herramientas probabilísticas objetivas. Actualmente, riesgos tales como los producidos por fenómenos naturales cuyas ocurrencias son totalmente impredecibles son tratadas agregando herramientas de probabilidades subjetivas.

Toda esta dinámica de búsqueda de soluciones a problemas como el de la inserción en la valuación inmobiliaria de la influencia en el valor investigado del inmueble sujeto de la valuación por el riesgo por macrosismo que encara si está desplantado en suelo lacustre no consolidado en una zona altamente sísmica, que rebasan los métodos de solución determinísticas y probabilísticas objetivas y obligan a desarrollar nuevos métodos de solución como actualmente los de las probabilidades subjetivas, es necesario que todos los egresados de la especialidad de valuación inmobiliaria la tengan presente y clara porque así se activa y une esfuerzo intelectual de muchas disciplinas para resolver tales problemas, lo cual es un objetivo primordial de toda Universidad y un deber de todo universitario, profesores y alumnos unidos, fomentar dicha dinámica.

(8) Idem en página 6
(12) Idem en página 12
(14) Idem en página 8
(15) Idem en página 7
(17) Idem en página 6

También es muy ilustrativo mostrar el caso en el que interviene esta dinámica, concreto, actual, de calcular la influencia en el valor investigado de un inmueble bajo valuación inmobiliaria que está desplantado en un suelo lacustre no consolidado localizado en una zona altamente sísmicas como es el área del antiguo lago de Texcoco en la Ciudad de México porque une la especialidad de valuación inmobiliaria tradicional basada en cantidades determinísticas y de probabilidades objetivas con la especialidad de valuación de intangibles que se realiza con cantidades probabilísticas objetivas y cantidades probabilísticas subjetivas.

Ahora, para la construcción del factor de riesgo por macrosismo utilizo la fórmula estándar del riesgo:

$$R_{si} = \Psi_{si} * V_{si} * D_{es}$$

Donde:

- R_{si} es el Riesgo que encara el inmueble al ataque de un macrosismo.
- Ψ_{si} es la Probabilidad de ocurrencia del evento de Riesgo Macrosismo.
- V_{si} es la Vulnerabilidad que tiene el inmueble al ataque de un Macrosismo.
- D_{es} son los Daños Esperados que sufrirá el inmueble al recibir el ataque de un Macrosismo.

Vemos que en esta fórmula, intervienen tanto variables y probabilidades objetivas tales como la densidad de población, el número de inmuebles en un área determinada, la probabilidad de ser dañados un número determinado de personas y/o inmuebles del área considerada, como variables y probabilidades subjetivas tales como la capacidad de los residentes del área considerada para resistir el y recuperarse del azote del macrosismo en caso de presentarse, la probabilidad de ocurrencia de un macrosismo, en consecuencia, es un problema de la valuación inmobiliaria en cuya solución se unen los métodos de valuación de bienes tangibles y los de valuación de bienes intangibles. Un caso concreto de este problema es la valuación del riesgo por macrosismo que afrontan los inmuebles en una zona altamente sísmica como es la Ciudad de México y además asentados en su área con suelo de origen lacustre aún no consolidado.

En lo que sigue, tomo este caso concreto para la determinación de factores de ponderación por macrosismo. Resuelvo la parte del problema que puede resolverse con variables determinísticas y probabilísticas objetivas y la parte del cálculo de la probabilidad para la ocurrencia del macrosismo, en el que por la incertidumbre inherente se rebaza la capacidad de solución de la teoría de probabilidades objetivas y se debe hacer uso de la teoría de probabilidades subjetivas planteo el problema, menciono algunas de las herramientas que se utilizan y la dejo abierta como una invitación para tema de tesina de la especialidad de valuación de intangibles. Finalmente, defino el factor de riesgo por macrosismo el cual queda en función del cálculo de dicha probabilidad subjetiva. Será falso deducir que porque el factor de riesgo por macrosismo queda en función del cálculo de las probabilidades subjetivas asociadas a la ocurrencia del fenómeno macrosismo el método propuesto para obtenerlo está incompleto porque existen las herramientas matemáticas para hacer dicho cálculo.

Para cada variable de la fórmula estándar del riesgo propongo los siguientes procedimientos para el cálculo de sus valores:

Procedimiento para calcular la vulnerabilidad al ataque de un macrosismo ^{(2), (12), (14), (16), (17), (18)}

Para calcular la vulnerabilidad del inmueble al macrosismo consideré que:

-
- (2) Idem en página 8
 - (12) Idem en página 12
 - (14) Idem en página 8
 - (16) Idem en página 6
 - (17) Idem en página 6
 - (18) Idem en página 31

La vulnerabilidad del inmueble = la vulnerabilidad que depende de las características de la zona donde está edificado el inmueble + la vulnerabilidad que depende de las características del inmueble.

Las características que tomé del inmueble y de la zona donde está edificado el inmueble para definir la vulnerabilidad a los macrosismos de los inmuebles edificados en la zona fueron:

Características del inmueble consideradas para el cálculo de la vulnerabilidad

1. Sistema constructivo.
2. Estado de deterioro por sismos.
3. Edad del inmueble.
4. Existencia de refuerzo antisísmico.
5. Posibilidad de colisión repetitiva con inmuebles u otros tipos de unidades al oscilar.

Características de la zona consideradas para el cálculo de la vulnerabilidad

1. Localización en terrenos antiguamente lacustres.
2. Localización, respecto al inmueble, de unidades grandes colapsables o de fuentes de grandes riesgos. ejemplos: árboles grandes, gasolineras, depósitos de materiales explosivos, grandes drenajes).
3. Distribución respecto al inmueble de los usos de suelo permitidos en la zona.
4. Respeto a las ordenanzas de la zona del tipo de inmueble prevaleciente en la zona.
5. Nivel socioeconómico prevaleciente en la zona.

Escala de valores cualitativos auxiliar para el cálculo de la vulnerabilidad

Para llegar a cuantificar cada característica construí la escala de valores cualitativos siguiente:

A)	sistema constructivo apropiado contra macrosismos	1 = muy inapropiado	2 = inapropiado	3 = algo apropiado	4 = apropiado	5 = muy apropiado
B)	estado por deterioro debido a sismos	1 = muy mal	2 = mal	3 = regular	4 = bueno	5 = muy bueno
C)	calidad del inmueble por su edad	1 = muy viejo	2 = viejo	3 = maduro	4 = nuevo	5 = muy nuevo
D)	existencia de refuerzo antisísmico	1 = ninguno	2 = poco	3 = regular	4 = suficiente	5 = mucho
E)	posibilidad de colisión con inmuebles u otros tipos de unidades al oscilar	1 = ninguna	2 = poca	3 = alguna	4 = bastante	5 = mucha
F)	Localización en terrenos antiguamente lacustres.	1 = sobre la orilla	2 = cerca de la orilla	3 = entre la orilla y el centro	4 = cerca del centro	5 = en el centro
G)	localización, respecto al inmueble, de unidades grandes colapsables o de fuentes de grandes riesgos	1 = muy alejadas	2 = alejadas	3 = cercanas	4 = próximas	5 = muy próximas
H)	Distribución respecto al inmueble sujeto de los diferentes usos de suelo permitidos en la zona.	1 = muy dispersos	2 = dispersos	3 = algo homogéneos	4 = homogéneos	5 = muy homogéneos
I)	Respeto del tipo de inmueble no-prevaleciente en la zona a las ordenanzas oficiales para la zona.	1 = ninguno	2 = poco	3 = regular	4 = bastante	5 = mucho
J)	Nivel socioeconómico prevaleciente en la zona	1 = muy bajo	2 = bajo	3 = medio	4 = alto	5 = muy alto

En esta escala cualitativa, para cada característica, los valores no son oscilantes, esto es, son crecientes y tales que, a cada característica se le puede asociar una escala de valores cuantitativos creciente y un valor cuantitativo para cada valor cualitativo posible.

Escala de valores cuantitativos para el cálculo de la vulnerabilidad.

La escala para cuantificar la vulnerabilidad que usé varía de 0 a 100 y la dividí en 4 intervalos iguales de 25 unidades cada una. La unidad de medida la relacioné a lo que, por sentido común, se puede tomar como la “Vulnerabilidad parcial del inmueble al ataque de un macrosismo debida a cada característica propia o de la zona donde está desplantado”, siendo nula=0, poca=25, algo=50, buena=75, considerable=100. Use la misma escala de cuantificación para todas las características.

Fórmula para calcular la vulnerabilidad del inmueble al macrosismo.

Para calcular la vulnerabilidad que tiene el inmueble al ataque de los macrosismos use la fórmula siguiente:

$$V_{si} = \frac{\text{Suma total de las vulnerabilidades parciales}}{1000}$$

que no es más que la proporción de la suma de las vulnerabilidades parciales que tiene el inmueble en el momento de su valuación respecto a su invulnerabilidad que vale 1000 porque corresponde a 10 características de valor 100 cada una.

Procedimiento para calcular los daños esperados si ocurriera el macrosismo ⁽¹⁷⁾

Para calcular los daños esperados que sufriría el inmueble, construí una escala cualitativa de daños esperados que contempla 2 partes del inmueble que siempre son tomadas en cuenta en la valuación del inmueble: el inmueble en sí y sus obras complementarias.

Dicha escala cualitativa va en orden ascendente de gravedad de daños y cada elemento contiene al anterior en cada una de dichas 2 partes y, como el mayor peso en la valuación de un inmueble descansa en el inmueble en sí y no en sus obras complementarias, la escala considera primero los daños en el inmueble en sí y luego los daños en las obras complementarias.

La escala de posibles daños esperados como consecuencia del probable macrosismo es la siguiente:

Escala cualitativa de daños posibles

1. Pérdida total del inmueble. Ejemplos: colapso total; daños que exigen la demolición total.
2. Pérdida parcial del inmueble. Ejemplos: Colapso de alguna parte del inmueble; Daños que exigen la demolición parcial del inmueble; Algo de desplome.
3. Daños severos reparables en el inmueble. Ejemplos: Agrietamiento severo de ciertos muros o de losas; Desprendimiento de elementos prefabricados.
4. Daños medios reparables en el inmueble. Ejemplos: Agrietamientos medios de ciertos muros o de losas; Descolocamiento de marcos de ventanas.
5. Daños ligeros reparables en el inmueble. Ejemplos: Rotura de vidrios, rotura de losas de acabado.
6. Pérdidas en obras complementarias. Ejemplos: Colapso de una barda, agrietamiento de una barda que exige su demolición.
7. Daños reparables en obras complementarias. Ejemplos: Agrietamiento no severo de una barda; Daños reparables en una pérgola.
8. Ningún daño.

(17) Idem en página 6

Fórmula para calcular los daños esperados por el macrosismo.

En la cuantificación de esta escala cualitativa de daños consideré la práctica estándar, en todo mercado de bienes, que por cualquier desperfecto que tenga el bien ofertado se demerita su precio lo más posible. Por lo que, una función que consideré apropiada para cuantificar este elemento, posibles daños esperados, de la fórmula de riesgo fue la función seno tomada entre 0 y $\pi/2$ radianes. Crece muy rápido y permite ampliar el número de elementos en la lista de riesgos posibles y asignarles valores ascendentes graduales.

Para cuantificar la escala dividí el intervalo de 0 a $\pi/2$ en 7 subintervalos iguales de $\pi/14$ de magnitud. Cabe aclarar que si se prefiere se puede asignar valores a los elementos de la escala subdividiendo el intervalo de 0 a $\pi/2$ en cualquier otra forma que se desee.

$$Des = \sin \frac{x * \pi}{14} \quad 0 \leq x \leq 7$$

Algunas ventajas que vi en la función seno para usarla para cuantificar los daños posibles son:

- Es apta para cuantificar escalas cualitativas que tienen la propiedad que cada elemento contiene al anterior.
- Cada elemento, si se quiere, se puede desglosar en componentes y el desglose correspondería al intervalo considerado para el elemento desglosado. Luego, para cuantificar la nueva escala se puede asignar un valor a los componentes nuevos simplemente subdividiendo el subintervalo correspondiente al elemento desglosado.
- La forma como la función seno toma valores crecientes que van de 0 a 1 entre 0 y $\pi/2$ radianes permite asignar valores, razonables y acordes a la exigencia de todo mercado de bienes, que castigan, lo más posible, los desperfectos del bien bajo transacción restando, en consecuencia, poder de negociación al vendedor y, dependiendo del desperfecto, permitiendo negociar con cierta ventaja al comprador.

Procedimiento para calcular la probabilidad de ocurrencia de macrosismo ^{(15), (17), (18), (19), (20)}

Para calcular la probabilidad de ocurrencia de un macrosismo en la Ciudad de México, en este párrafo adelanto que juntas las teorías de juegos, de las utilidades y de las probabilidades subjetivas hacen posible determinar probabilidades subjetivas para la ocurrencia de los diferentes tipos de sismos ordenados por alguna escala como la de Richter y usando los datos estadísticos sísmicos que se tengan del área bajo estudio. En los dos párrafos que siguen planteo el problema y, como lo escribí en un párrafo anterior, lo dejo abierto. Solo menciono algunas de las herramientas de las mencionadas teorías que se utilizan.

(15) idem en página 7

(17) idem en página 6

(18) **Los suelos lacustres de la Ciudad de México**

Díaz Rodríguez, Jorge Abraham

Revista Internacional de desastres naturales, accidentes e infraestructura civil.

Vol. 6, num 2, p 111-129, Nov. 2006.

Sistema de Información Latindex de la UNAM.

(19) **Datos estadísticos**

Servicio Sismológico Nacional, Instituto de Geofísica

Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

http://secre.ssn.unam.mx/SSN/Doc/Mx_sismo/mhist.htm

<http://secre.ssn.unam.mx/SSN/Doc/ICyT/8612/singh.htm>

(20) **Gutenberg-Richter Relationship**

Southern California Earthquake Center

http://www.eos.ubc.ca/courses/eosc256/Feb7_2011_GR.pdf

<http://www.scec.org/aboutscec/>

USA

Estamos frente al clásico problema de la asignación de probabilidades a los valores que pueden tomar las variables aleatorias pero en el que no tenemos forma de aplicar la teoría de los grandes números ni valores esperados porque el fenómeno aleatorio no puede ser repetido a voluntad con las características que singularizan al fenómeno controladas por el experimentador como se puede hacer en el juego de azar llamado bolados o en los juegos de dados y además, intervienen variables subjetivas, esto es, variables para las que aún no se ha definido una forma de medirlas tales como deseos de la gente, incertidumbre, actitud ante el riesgo.

Actualmente, con probabilidades subjetivas y los modelos matemáticos llamados loterías de ruleta y loterías de caballos se da solución a dichos problemas de fenómenos aleatorios con variables subjetivas. Algunos conceptos y resultados útiles de estas materias son las definiciones de lotería de ruleta, de lotería de caballos y de lotería compuesta, los axiomas de la teoría de la utilidad, la definición de función de utilidad sobre un conjunto de lotería de ruletas ordenada según los criterios propios de una persona en particular, la definición de probabilidad subjetiva de un resultado de una lotería de caballos.

Fórmula del factor de riesgo por macrosismo

Considerando que:

- El riesgo es un estado de exposición del sujeto a sufrir pérdidas parciales o totales por el peligro de ataque de una fuerza dañina.
- La vulnerabilidad es un estado de desventaja al recibir el ataque de una fuerza dañina debido a una debilidad en las características defensivas del sujeto o a una situación del sujeto, inducida por agentes externos, que anula parte o toda la capacidad de resistencia al ataque dañino característica del sujeto.
- No son las vulnerabilidades que tiene sino, la capacidad de resistencia al ataque dañino característica del sujeto la que define su inmunidad o, su indefensión o su grado de defensa entre estos dos extremos.
- Un inmueble inmune a los macrosismos tiene una vulnerabilidad al ataque del macrosismo igual a cero y, un inmueble indefenso al ataque del macrosismo tiene una vulnerabilidad igual a uno.
- La definición estándar del riesgo contiene tanto la vulnerabilidad como los daños esperados.

Definición de la capacidad de resistencia al ataque de un macrosismo.

Entonces, consideré lógico definir C_{si} , la capacidad de resistencia al ataque de un macrosismo característica de un inmueble, como:

$$C_{si} = 1 - R_{si}$$

donde:

C_{si} es la capacidad de resistencia al ataque del macrosismo característica del inmueble.

R_{si} es el riesgo que encara el inmueble por el macrosismo.

Esta definición es consistente lógicamente porque, a mayor capacidad de resistencia del inmueble al ataque del macrosismo menor el valor del riesgo que encara y a menor capacidad de resistencia del inmueble al ataque del macrosismo mayor el valor del riesgo que encara.

Fórmula para calcular el factor de riesgo por macrosismo.

Finalmente, el factor de homologación por macrosismo está dado por:

$$F_{si} = 1 - (C_{sic} - C_{sis})$$

donde:

F_{si} es el factor de homologación por macrosismo.

C_{sic} es la capacidad de resistencia al ataque del macrosismo característica del inmueble comparable.

C_{sis} es la capacidad de resistencia al ataque del macrosismo característica del inmueble sujeto.

Conclusiones

El algoritmo propuesto en esta tesina para valorar el riesgo por macrosismo que encara un inmueble que debe valuarse a la medida está basado en un procedimiento de análisis financiero de negocios en marcha o de proyectos de inversión con potencialidad de dar rendimiento superior al rendimiento libre de riesgo aceptado en los mercados de instrumentos financieros. Hace uso de un indicador financiero, la razón utilidad antes de impuesto contra ingresos por ventas, que muestra directamente al inversionista el rendimiento que obtendría según la inversión que haga para la adquisición del inmueble y su adecuación a las normas aplicables para prevenir la pérdida total del inmueble en caso de suceder un macrosismo. Dicho algoritmo está listo para ser usado en la práctica de la valuación inmobiliaria que actualmente se realiza en nuestro país. Puede ser tomado como base para desarrollar algoritmos que usen otros indicadores financieros aceptados en los mercados de instrumentos financieros.

El método propuesto en esta tesina para calcular el factor de homologación para macrosismo que encara un inmueble que debe valuarse en forma masiva, está basado tanto en métodos usados en la valuación de bienes tangibles como en métodos usados en la valuación de intangibles. En su parte relacionada con tangibles hace uso de métodos estándares para obtener información en campo y para cuantificar dicha información como son: cuestionarios con opciones y escalas de peso para las opciones y para procesar dicha información hace uso de funciones comunes de las matemáticas cuyos comportamientos se ajustan a la información sísmica, histórica, cualitativa y cuantitativa registrada en México. En su parte intangible planteo el problema y menciono herramientas matemáticas útiles para asignar probabilidades subjetivas a resultados de eventos aleatorios para los que la capacidad de solución de la teoría de probabilidades objetivas es rebasada. Sería falso deducir que porque el factor de homologación por macrosismo queda en función del cálculo de las probabilidades subjetivas asociadas a la ocurrencia del fenómeno macrosismo su método para obtenerlo esta incompleto porque existen las herramientas para hacer los cálculos necesarios. Luego, es un factor de homologación que está listo para ser usado en la práctica de la valuación inmobiliaria que actualmente se realiza en nuestro país.

Al dejar abierto el problema de asignación de probabilidades subjetivas a la ocurrencia de sismos ordenados según alguna escala como la de Richter, muestro con un caso real y actual la interrelación que existe entre las especialidades de valuación inmobiliaria de bienes tangibles y de valuación de bienes intangibles y hago una invitación para resolverlo, acaso en una tesina correspondiente a la especialidad de valuación de intangibles.

Los resultados obtenidos son congruentes con la realidad. Reflejan la naturaleza del riesgo que como concepto involucra tanto cantidades objetivas como subjetivas y como fenómeno afecta todo el ser y el quehacer del ser humano: económico, político, social, psicológico, físico, filosófico,...

Al estar listo los métodos de valuación del riesgo por macrosismo propuestos en esta tesina para ser usados en la práctica de la valuación inmobiliaria que se realiza actualmente en México, sus resultados quedan asentados en los formatos legales que se utilizan en dicha práctica y por tanto, contribuyen a la creación de una base de datos relacionada con los sismos por lo menos a nivel Ciudad de México.

Claramente, los métodos de valuación inmobiliaria a la medida y masiva propuestos en esta tesina para valorar el riesgo por macrosismo que encaran los inmuebles desplantados en zonas sísmicas son factibles de ser mejorados o tomados como base para desarrollar métodos de valuación de riesgos para otros eventos de riesgo y, en consecuencia, llegar a tener un juego de métodos de valuación de riesgos que sería útil en la práctica real de la valuación inmobiliaria en el área metropolitana de la Ciudad de México. Se pueden lograr mejoras haciendo uso de fórmulas más sofisticadas, desarrolladas por las especialidades de la ingeniería, tales como la civil, la geofísica, la mecánica, para el cálculo de los elementos que componen la fórmula estándar del riesgo junto con el desarrollo de modelos matemáticos para cuantificar los adelantos cualitativos hechos sobre el riesgo por especialidades como, la sociología, la geografía, la economía, la psicología, la contabilidad.

Apéndice

Evolución de la Teoría de la Probabilidad. (15), (17), (24), (25)

En sus inicios la teoría de la probabilidad se reducía a una recopilación de las soluciones dadas a un conjunto de problemas relacionados con los juegos de azar simples: dados, cartas, ruletas, etc. y un gran cúmulo de datos estadísticos tomados de esos juegos. En esta etapa de su desarrollo la teoría de la probabilidad estaba fuertemente ligada a las matemáticas y esta unión condujo a la llamada definición de la probabilidad clásica. El descubrimiento de que dicha teoría podía usarse para resolver muchísimos problemas fuera del área de los juegos de azar dio origen al desarrollo de la teoría de la probabilidad frecuencial y al uso arbitrario de ambas teorías, esto es, usarlas sin preguntar si los fundamentos teóricos en los que descansaban eran aplicables o no en los nuevos problemas. Por ejemplo, se supuso ciegamente que era lo mismo aplicar la definición de probabilidad clásica para obtener la probabilidad de que saliera un resultado específico posible en un juego de dados que para obtener la probabilidad de que sufriera un accidente mortal al estar trabajando un trabajador con su maquina. Esto dio como resultado que se desligara casi totalmente la teoría de la probabilidad de las matemáticas; solo se tomaban los resultados de las matemáticas aplicadas que sirvieran en la aplicación abusiva de dichas definiciones de probabilidad. Por tanto se estancó el desarrollo de la teoría de las probabilidades durante más de 250 años. Con el tiempo, la presión ejercida por la necesidad de resolver los nuevos problemas que planteaban la ciencia y la tecnología al progresar en todas sus áreas, la necesidad de modificar las soluciones que se le estaban dando a muchos problemas que se resolvieron ciegamente con la teoría antigua y la aparición de nuevos juegos de azar cuyos objetos para realizarlos eran personas o la combinación de personas y animales dio como resultado la reconexión de la teoría de la probabilidad con las matemáticas y su conexión con la filosofía y la ética. Esto la hizo evolucionar de estar basada en supuestos muy simples a su axiomatización formal. En consecuencia la antigua definición clásica de probabilidad evolucionó hasta la actual definición de probabilidad subjetiva cuya aplicación abarca tanto los nuevos problemas que la vida moderna plantea en la ciencia, la tecnología y los juegos de azar como la revisión de las soluciones antiguas dadas a muchos problemas porque tales soluciones han dado lugar a la aparición de nuevos y grandes problemas que producen fuertes pérdidas a quienes actualmente las aplican ciegamente, como ejemplo considerar al trabajador como una simple fuente potencial de ingresos. En los párrafos que siguen a través de una breve descripción de la definición de probabilidad aceptada en las principales etapas históricas del desarrollo de la teoría de la probabilidad se muestra su evolución.

Teoría de la probabilidad clásica

En los juegos de azar en los que se usan objetos simples como dados, cartas, ruletas, trompos, etc. en cada jugada que se haga solo se puede obtener uno de un número limitado de resultados posibles. Si el objeto usado en el juego está bien balanceado y cada jugada se realiza en forma adecuada no es posible predecir el resultado que se va a obtener; se dice que el resultado es aleatorio. Sin embargo, por lo balanceado del objeto y la adecuada realización de cada jugada, en cualquiera de ellas cada uno de los resultados posibles tiene la misma posibilidad de suceder y

(15) Idem en página 7

(17) Idem en página 6

(24) **The foundations of statistics**

Leonard J. Savage
John Wiley & Sons, Inc.
U.S.A. 19544.

(25) **The Elements of Probability Theory**

Harald Cramer
John Wiley & Sons, Inc.
New York, USA, 1963

decimos que hay simetría entre ellos o que son simétricos entre sí. Por ser impredecible el resultado en cualquier jugada que se realice hay incertidumbre en que ganemos en cualquier jugada del juego en la que participemos. Proporcionar un indicador que tome valores numéricos para darnos una idea del grado de incertidumbre que tenemos al participar en un juego de azar es el objeto de la teoría de las probabilidades.

Ahora, en cualquier juego de este tipo que elijamos, la simetría de sus resultados posibles hace que estos sean igualmente favorables para cualquier jugador que apueste a uno cualquiera de ellos; este hecho por sentido común nos hace ver que si el juego elegido tiene r resultados posibles y si en g de ellos un jugador J gana y en los restantes $r - g$ pierde entonces el jugador J tiene g en r posibilidades de ganar y en consecuencia considerar natural que la razón g/r es un buen indicador del grado de incertidumbre de ganar que tiene el jugador J si participa en una jugada. Finalmente y generalizando, por definición la probabilidad p de que se presente determinado suceso es igual al cociente del número g de casos que le son favorables entre el número total r de casos posibles siempre que todos los casos posibles sean simétricos entre sí; esta es la llamada definición de la probabilidad clásica; en símbolos tenemos

$$p = \frac{g}{r} \quad \text{donde} \quad \begin{array}{l} p \text{ es la probabilidad de ocurrencia del suceso} \\ g \text{ es el número de casos favorables al suceso} \\ r \text{ es el número total de casos posibles} \end{array}$$

El principal problema para aplicar esta definición es calcular los números g y r en cada problema particular los cuales se complican cuando en las jugadas de los juegos se combinan por ejemplo varias monedas o monedas y dados. Para resolver este problema se hace uso del álgebra, del análisis combinatorio, de la teoría de conjuntos, de la estadística y así se va creando un aparato de propiedades, reglas, definiciones, teoremas, fórmulas,... que forman la teoría de la probabilidad clásica.

Teoría de la probabilidad frecuencial

Unidas la observación de que fuera del área de los juegos de azar había fenómenos (que se les llama fenómenos aleatorios) que tenían un número total limitado de resultados posibles, que muy seguido ocurrían, que los objetos y los sujetos involucrados para la ocurrencia en general eran diferentes en cada ocurrencia y la observación de que, si solo se considera el resultado final, si nos agenciamos 100 monedas iguales, da lo mismo realizar 100 veces un bolado usando la misma moneda cada vez que realizarlos lanzando una moneda diferente cada vez forman la base tanto para desarrollar la teoría de la probabilidad frecuencial como para abusar de ella como se mencionó en párrafos anteriores.

En el desarrollo de la teoría se pasa de fenómenos con un número total limitado de resultados posibles, a los que tienen un número infinito contable y por último a los que tienen un número infinito no-contable.

En esta teoría tomamos un fenómeno aleatorio cualquiera E que tiene un conjunto S de resultados posibles y elegimos un suceso cualquiera A (se le llama suceso a cualquier subconjunto de S) de dicho fenómeno aleatorio. Luego, por primera vez, realizamos el experimento E un número n_1 grande de veces, observamos que el suceso A aparece f_1 veces, luego dividimos f_1 / n_1 (a esta división se le llama frecuencia relativa). Por segunda vez realizamos el experimento E un número n_2 grande de veces, observamos que el suceso A aparece f_2 veces y la frecuencia relativa será f_2 / n_2 . Repetimos el experimento muchas más veces para obtener una secuencia de frecuencias relativas $f_1 / n_1, f_2 / n_2, f_3 / n_3, f_4 / n_4, \dots$ todas relacionadas con el mismo suceso A .

Ahora, se ha observado que para muchos experimentos aleatorios tomados de áreas tan diferentes como la ingeniería, la medicina, la economía, la genética, la psicología, etc. todos estos números $f_1/n_1, f_2/n_2, f_3/n_3, f_4/n_4, \dots$ están muy cerca de un número común que usualmente se le llama P . Decimos que este tipo de fenómenos muestran regularidad estadística.

Pues bien, por definición dicho número P es la probabilidad de que ocurra el suceso A relacionado con el experimento aleatorio E que muestra regularidad estadística.

Para resolver problema específicos usando esta teoría se hace uso de mucha herramienta matemática ya desarrollada y lista para usarse. Se requiere conocer cálculo diferencial e integral y análisis vectorial.

Teoría de la probabilidad objetiva

En la lógica inductiva un argumento inductivo consta de una o más proposiciones tomadas como premisas y una o más proposiciones tomadas como conclusiones. Las premisas forman la evidencia o experiencia y las conclusiones constituyen la hipótesis. El método inductivo abarca dos aspectos: es un proceso de inferencia con carácter no demostrativo y un proceso de formación de conceptos. El grado de confianza en la hipótesis depende de la calidad de la evidencia a ella asociada, esto implica la existencia de incertidumbre en la validez del argumento. Por tanto, la teoría de la probabilidad objetiva es la aplicación de la lógica inductiva a la incertidumbre.

La teoría de la probabilidad objetiva es una teoría lógica de la probabilidad construida en el hecho de que los sucesos de la teoría de las probabilidades pueden ser sustituidos por proposiciones que afirman que esos sucesos se han producido o se producirán. La probabilidad asignada a una hipótesis depende de la experiencia que conllevan las premisas que inducen la hipótesis independientemente de la frecuencia de ocurrencia que se asocie al suceso involucrado, esto es, la probabilidad asignada a una hipótesis está basada exclusivamente en la relación lógica que hay entre la hipótesis y la evidencia. Mide el grado de creencia objetiva y racional en la hipótesis inferido únicamente por la fuerza de las evidencias contenidas en sus premisas; a esta medida técnicamente le llaman grado de confirmación de la hipótesis.

Por tanto, en esta teoría una persona supuesta totalmente imparcial e idealmente racional establece una ordenación de menos posible a más posible entre las hipótesis H_i disponibles aplicando solo reglas de racionalidad a la experiencia E_i que conllevan las premisas que sustentan a cada una de las hipótesis. Una vez ordenadas la misma persona usando métodos diseñados y desarrollados por esta teoría le asigna un número $P(H_i/E_i)$ a cada una de las hipótesis los cuales quedan ordenados en forma creciente. Por definición el número $P(H_i/E_i)$ es la probabilidad lógica comparativa de la hipótesis H_i condicionada por la experiencia E_i .

La axiomatización de la teoría de la probabilidad objetiva no se ha alcanzado satisfactoriamente porque implícita está la necesidad de establecer reglas de racionalidad para determinar la relación que existe entre la hipótesis y su evidencia y más aún, para determinar el grado de creencia objetiva y racional en la hipótesis se requiere de una persona absolutamente imparcial e idealmente racional para enjuiciar en base a dichas reglas la fuerza de la evidencia lo cual es imposible de lograr porque en el proceso del juicio siempre habrá una parte de arbitrariedad que se deja a la intuición del juez la cual se reflejará inevitablemente en la valoración de la probabilidad lógica comparativa de la hipótesis.

El mérito de la teoría de la probabilidad objetiva es que hace obvio que la probabilidad de ocurrencia de un suceso no solo tiene una parte objetiva sino también una parte subjetiva, esto es, una parte basada en las creencias reales del ser humano lo cual es un concepto psicológico. Conseguir establecer esa parte subjetiva en términos puramente lógicos no se ha logrado. Este fracaso ha fortalecido el desarrollo de la teoría de la probabilidad subjetiva que considera tanto el

grado de creencia real de las personas como la racionalidad de la lógica inductiva en la valoración de las premisas para asignar probabilidad a la hipótesis que estas inducen.

Teoría de la probabilidad subjetiva

La teoría de la probabilidad subjetiva siguiendo el camino de la ciencia incorpora en ella las teorías anteriores, esto es, bajo ciertas condiciones se reduce a la esencia de la teoría clásica o a la de la frecuencial o a la de la objetiva. Esto significa que la teoría subjetiva de la probabilidad es capaz de resolver los problemas que se resuelven con las teorías viejas y muchos más que no se pueden resolver con ellas.

Muchos de los fenómenos que observamos no son experimentables, no se pueden replicar bajo condiciones controladas por tanto, para determinar la medida de la incertidumbre de los sucesos involucrados en tales fenómenos en base a una sola observación o unas cuantas observaciones muy espaciadas en el tiempo se requiere que quien tiene que establecer dichas medidas tenga mucho conocimiento previo de situaciones lo más similares posibles a la que se está tratando de solucionar, mucha información aplicable en el proceso de solución tomada de una variedad de áreas de conocimiento y habilidades psicológicas y del alma humana innatas o aprendidas como son la intuición, visión, percepción, valores éticos, consistencia, coherencia, ... para usarlas en este trabajo. Hacer intervenir en los procesos de solución de los problemas de incertidumbre estos últimos elementos citados es precisamente lo que da lugar al surgimiento de la teoría subjetiva de la probabilidad.

En lo absoluto, hacer intervenir en los procesos de solución de los problemas de incertidumbre variables psicológicas y del alma humana no significa crear caos. Si esto fuera, no habría avance sino retroceso en el desarrollo de la teoría de la probabilidad. Axiomatizar implica crear un marco dentro del que todo lo que se construya exhibe consistencia y coherencia consigo mismo y con todo lo demás construido y toda contradicción o falsedad resalta inmediatamente. La axiomatización de la teoría de la probabilidad ya existe pero, aún no hay aceptación completa de una sola versión de ella entre los teóricos de la teoría, sin embargo, las diferentes versiones propuestas tienen mucha similitud entre sí: poca variación en el número de axiomas, diferencia en los matices de los axiomas, diferencia en la elección de lo que se toma como teorema y lo que se toma como axioma.

Por otro lado, como toda teoría que ha alcanzado en su desarrollo la axiomatización, la teoría de la probabilidad subjetiva partiendo de sus axiomas obtiene teoremas, corolarios, fórmulas, métodos, etc. para resolver los problemas para la que fue creada y también para descubrir necesidades que deben ser satisfechas evolucionando más la teoría. Muchos resultados de las teorías de la probabilidad anteriores y los de otras áreas de conocimiento los toma la teoría de la probabilidad subjetiva como herramientas para resolver sus problemas.

Por tanto, En la teoría de la probabilidad subjetiva, la definición de probabilidad de los sucesos relacionados con un experimento aleatorio experimentable o no-experimentable es una función de valor numérico con ciertas propiedades que satisface determinados axiomas.

Para dar un ejemplo, una forma como la teoría de la probabilidad subjetiva resuelve la asignación de probabilidades a los resultados posibles de un fenómeno aleatorio no-experimentable se muestra a continuación:

- Los conceptos de utilidad y de función de utilidad los define la teoría de la utilidad y los aplica a los conjuntos de objetos para ordenar sus elementos. Esta teoría también ha desarrollado un modelo matemático para los juegos de azar llamados loterías el cual consta de: un conjunto de premios (por ejemplo, cantidades de dinero, aparatos electrodomésticos, boletos para participar en otras loterías, ...), un aparato apto para

juegos aleatorio (por ejemplo, un dado, una carrera de galgos, una ruleta, partidos de fútbol,..), una correlación fijada de antemano entre los premios y los resultados posibles que puede dar el aparato aleatorio, la restricción de que los premios se reparten uno a uno en base al resultado que salga en una sola jugada del aparato aleatorio cada vez hasta que se acaben los premios.

- Por otro lado, de las teorías viejas de la probabilidad sabemos que para algunos aparatos usados en los juegos de azar se puede calcular la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los resultados posibles que tengan pero para otros no. Este hecho clasifica las loterías en dos grupos: A las que se les puede calcular probabilidades para los resultados posibles de los aparatos de juegos de azar que usan y a las que no se les puede calcular probabilidades para los aparatos de juegos de azar que usan. Se les da el nombre genérico de loterías de ruleta a las loterías del primer grupo y a las del segundo loterías de caballos. Salta a la vista que en las loterías de ruletas se trabaja con probabilidades objetivas y en las loterías de caballos con probabilidades subjetivas.
- Pues bien, la teoría de la probabilidad subjetiva usando sus axiomas, los axiomas de la teoría de la utilidad y todos los elementos antes mencionados construye adecuadamente conjuntos de ruletas de ambos tipos ordenados según funciones de utilidad y demuestra que las probabilidades subjetivas desconocidas de las loterías de caballos se pueden calcular en base a las probabilidades objetivas conocidas de las loterías de ruleta y a sus funciones de utilidad.
- Como el método es general se puede usar en muchos casos prácticos en los que los fenómenos que intervienen son no-experimentables entre los que se encuentran los relacionados con eventos de riesgo naturales o provocados por actividades humanas y entre ellos se encuentra el riesgo por macrosismo en la valuación inmobiliaria.