

**Trabajo ganador del  
Primer Lugar**



**VALUACIÓN DE BONOS CATASTRÓFICOS PARA  
TERREMOTOS EN MÉXICO.**

**Brenda López Cabrera**

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.</b>	<b>5</b>
1.1 ANTECEDENTES.	5
1.2 OBJETIVO.	6
1.3 TERMINOLOGÍA.	7
<b>2. SISMICIDAD EN MÉXICO.</b>	<b>9</b>
2.1 ONDAS SÍSMICAS Y PLACAS TECTÓNICAS.	9
2.2 TIPOS DE SISMOS.	10
2.3 ESCALAS DE MAGNITUD E INTENSIDAD.	13
2.3.1 ESCALA DE INTENSIDAD MERCALLI.	14
2.3.2 ESCALA RICHTER.	15
2.4 INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA.	17
2.5 LOCALIZACIÓN DE EPICENTROS, SU INTENSIDAD Y MAGNITUD.	18
2.5.1 DETERMINACIÓN DE EPICENTROS.	18
2.6 PREDICCIÓN DE SISMOS.	19
2.6.1 PROCESO POISSON Y OTROS MODELOS.	20
2.7 REGIONALIZACIÓN SÍSMICA.	21
<b>3. SISTEMAS DE TRANSFERENCIA DE RIESGOS.</b>	<b>1</b>
3.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL CAPÍTULO.	23
3.2 REASEGURO.	23
3.2.1 TIPOS DE REASEGURO.	24
3.3 BONOS CATASTRÓFICOS.	28
3.3.1 DEFINICIÓN DE BONO CATASTRÓFICO.	28
3.3.2 HISTORIA.	30
3.3.3 EJEMPLOS DE BONOS CATASTRÓFICOS.	32
3.4 VENTAJAS GENERALES DEL BONO CATASTRÓFICO CONTRA EL REASEGURO.	34
3.4.1 TIPOS DE RIESGOS A LOS QUE SE ENFRENTAN LOS SISTEMAS DE TRANSFERENCIA DE RIESGOS.	34
3.4.2 VENTAJAS DEL BONO CATASTRÓFICO.	36
<b>4. TEORÍA DE CÁLCULO.</b>	<b>38</b>
4.1 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL.	38
4.1.1 PREDICCIÓN DE Y CUANDO LA VARIABLE DEPENDIENTE ES $\ln(Y)$	40
4.2 SELECCIÓN DEL MODELO.	40

4.2.1 CRITERIO DE INFORMACIÓN BAYESIANO (BIC).	41
4.3 PROCESO POISSON HOMOGÉNEO.	41
4.4 VARIABLES.	42
4.4.1 MAGNITUD.	42
4.4.2 PROFUNDIDAD DEL EPICENTRO.	43
4.4.3 LONGITUD DEL EPICENTRO.	44
4.4.4 LATITUD DEL EPICENTRO.	45
4.4.5 DAÑOS.	45
4.5 MODELOS USADOS PARA EL CÁLCULO DE BONOS CATASTRÓFICOS.	47
4.5.1 FUTUROS CATASTRÓFICOS.	47
4.5.2 MÉTODOS PARA CALCULAR BONOS CATASTRÓFICOS.	48
<b>5. ESTIMACIÓN DEL BONO CATASTRÓFICO EN MÉXICO.</b>	<b>57</b>
5.1 ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL.	57
5.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS.	57
5.1.2 ELECCIÓN DE VARIABLES.	61
5.1.3 INTERACCIÓN DE VARIABLES.	63
5.1.4 SELECCIÓN DEL MODELO.	63
5.1.5 VALIDACIÓN DEL MODELO.	67
5.1.6 ANÁLISIS DE RESIDUALES.	68
5.1.6 VALORES ATÍPICOS.	70
5.1.7 OBSERVACIONES INFLUYENTES.	70
5.2 PROCESO POISSON HOMOGÉNEO.	71
5.3 MODELAJE DEL BONO CATASTRÓFICO EN MÉXICO.	73
5.3.1 BONO CATASTRÓFICO SIN CUPONES Y PRINCIPAL EN RIESGO.	74
5.4 SIMULACIÓN DEL BONO CATASTRÓFICO PARA TERREMOTOS EN MÉXICO.	92
<b>6. CONCLUSIÓN.</b>	<b>93</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>97</b>
7.1 BIBLIOGRAFÍA DE LOS DATOS OBTENIDOS PARA LA BASE DE DATOS.	100
<b>8. ANEXO</b>	<b>106</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<i>FIG. 1.</i> SISMOS MODERADOS Y GRANDES EN MÉXICO.	12
<i>FIG. 2.</i> LOS SISMOS MÁS IMPORTANTES EN MÉXICO.	13
<i>FIG.3.</i> LOCALIZACIÓN DE SISMOS.	18
<i>FIG. 4.</i> MAPA DE REGIONALIZACIÓN SÍSMICA.	22
<i>FIG. 5.</i> SISMOS EN LA HISTORIA DE MÉXICO.	43
<i>FIG. 6.</i> TEMPORADA DEL AÑO EN QUE OCURREN MAS SISMOS.	43
<i>FIG. 7.</i> PROFUNDIDAD EN LA HISTORIA DE LOS SISMOS EN MÉXICO	44
<i>FIG 8.</i> LONGITUD EN LA HISTORIA DE LOS SISMOS EN MÉXICO.	45
<i>FIG. 9.</i> LATITUD EN LA HISTORIA DE LOS SISMOS EN MÉXICO.	45
<i>FIG. 10.</i> DAÑOS ECONÓMICOS OCASIONADOS POR SISMOS EN MÉXICO.	46
<i>FIG. 11.</i> ESTADOS QUE PRESENTAN ALTA SISMICIDAD.	46
<i>FIG. 12.</i> DIAGRAMA DE PAGO DE CUPONES DEL BONO CATASTRÓFICO.	51
<i>FIG. 13.</i> GRÁFICA DE NÚMERO DE MUERTES PROVOCADAS POR SISMOS.	62
<i>FIG. 15.</i> GRÁFICAS DE RESIDUALES DE LOS MODELOS OBTENIDOS.	69
<i>FIG. 16.</i> REGIÓN DE PAGO PARA DEFINIR EL UMBRAL DEL BONO.	72
<i>FIG.17.</i> GRÁFICA DEL BONO EN EL TIEMPO.	84
<i>FIG 18.</i> GRÁFICA DEL BONO CON LAMBDA DISTINTAS.	84
<i>FIG.19.</i> DISPONIBLES ESPERADOS DEL GOBIERNO Y DEL INVERSIONISTA.	88
<i>FIG.20.</i> DISPONIBLES ESPERADOS DEL GOBIERNO Y DEL INVERSIONISTA A 100 AÑOS.	89
<i>FIG. 21.</i> DISPONIBLES EN EL TIEMPO.	90

## ÍNDICE DE TABLAS.

<i>TABLA 1.</i> ESCALA DE INTENSIDAD MERCALLI-MODIFICADA ABREVIADA.	15
<i>TABLA 2.</i> ESCALA RICHTER.	16
<i>TABLA 3.</i> TABLA DE SISMICIDAD A ESCALA MUNDIAL.	17
<i>TABLA 4.</i> ALGUNOS DATOS DE LAS VARIABLE MÁS IMPORTANTES PARA LA CREACIÓN DEL BONO CATASTRÓFICO.	44
<i>TABLA 5.</i> RESIDUOS ESTÁNDARES.	70
<i>TABLA 6.</i> PROBABILIDADES DE OCURRENCIA DE TERREMOTOS SUJETAS A DIFERENTES MAGNITUDES Y PROFUNDIDADES A LO LARGO DE 100 AÑOS DE SISMICIDAD EN MÉXICO.	73
<i>TABLA 7.</i> TASAS DE INTERÉS INSTANTÁNEAS EN CASO DE NO EVENTO SUJETAS A DISTINTAS TASAS DE OCURRENCIA DEL EVENTO (LAMBDA) .	83
<i>TABLA 8.</i> TASAS DE INTERÉS EN CASO DE NO EVENTO A TRAVÉS DEL TIEMPO.	83
<i>TABLA 10.</i> DISPONIBLES ESPERADOS PARA EL GOBIERNO Y EL INVERSIONISTA.	86
<i>TABLA 10.</i> DISPONIBLES ESPERADOS PARA EL GOBIERNO Y EL INVERSIONISTA.	87
<i>TABLA 11.</i> DISPONIBLES ESPERADOS DEL GOBIERNO Y DEL INVERSIONISTA CALCULADOS A DISTINTAS PROBABILIDADES DE OCURRENCIA.	87
<i>TABLA 12.</i> BENEFICIOS POR DÓLAR QUE SE OBTIENEN POR LA OCURRENCIA O NO DEL EVENTO.	91

# VALUACIÓN DE BONOS CATASTRÓFICOS PARA TERREMOTOS EN MÉXICO.

## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1 ANTECEDENTES.

Debido a la situación geográfica, México se encuentra sujeto a varios fenómenos naturales que pueden ser o no catastróficos; entre los fenómenos más riesgosos a los que está expuesto el país sobresalen los sismos, que históricamente han sido importantes, ya sea por su frecuencia, magnitud o por el daño que han ocasionado.

La ocurrencia de los desastres en México ha ocasionado daños que han representado una proporción mayor que los ocurridos en el resto de Latinoamérica durante los últimos 20 años. El sismo de 1985 en la Ciudad de México es sin duda un gran acontecimiento que ha repercutido notablemente en la vida de muchas personas.

En cuanto a su impacto económico destacan diversos sismos: los más intensos después de la Revolución fueron el temblor de Madero, en 1911 (magnitud de 7.7), el de Jalisco en 1932 (magnitud 8.2, intensidad VIII), el de Acapulco en 1957 (magnitud 7.5, intensidad VIII), y el de Michoacán en 1985<sup>1</sup>.

En la capital mexicana y en otras ciudades del territorio nacional, la naturaleza del país, el tipo del subsuelo y la densidad geográfica han propiciado el riesgo sísmico.

---

<sup>1</sup> Rosenblueth, Emilio, *Sismos y sismicidad en México*, Instituto de Ingeniería, UNAM.

Ante tales hechos, el gobierno ha procurado fomentar una cultura de protección civil en la población para enfrentar los fenómenos sísmicos. Por otra parte, el desastre económico en el país ha llegado a ser significativo por el incipiente desarrollo de instrumentos financieros y la insuficiencia del mercado de seguros. El gobierno además de informar y capacitar a los ciudadanos, ha aceptado y dado a conocer, en el Diario de la Nación del 23 de mayo del 2003, la creación de nuevos instrumentos financieros para la prevención y mitigación de eventos catastróficos con base en conocimientos objetivos.

## **1.2 OBJETIVO.**

Debido a lo anteriormente expuesto, el propósito de esta tesis es la valuación de los bonos catastróficos para terremotos en México, en el cual el gobierno forma a través de los inversionistas fondos o reservas que logran cubrir posibles pérdidas económicas y materiales de futuros eventos catastróficos.

En el capítulo segundo de esta tesis se desarrolla la información referente a los sismos ocurridos en México desde 1900 a 2000, sus causas y sus principales características. En el capítulo tercero se hace una descripción de los bonos catastróficos, algunos ejemplos de bonos catastróficos, su diferencia con el Reaseguro, sus ventajas y desventajas generales<sup>2</sup> y los diferentes tipos de riesgos a los que están expuestos ambos instrumentos. En el capítulo cuarto se explica el método de regresión lineal que se utiliza para modelar la severidad de los sismos, el Proceso Poisson Homogéneo que modela la frecuencia de los sismos y el Criterio de Información Bayesiano como el método para seleccionar el mejor modelo a estudiar. Asimismo, se explican las variables que tienen mayor impacto en los daños causados por los sismos y finalmente se termina el capítulo con una breve explicación de modelos usados para el cálculo de bonos catastróficos. En el último capítulo se presenta el cálculo del bono catastrófico para terremotos en México.

---

<sup>2</sup> No se desarrollará la parte de costos, para mayor información consultar: Croson, David C.; Keureuther, Howard C.; Customizing Reinsurance and Cat bonds for Natural Hazard Risks, Paper presented at Conference on Global Change and Catastrophic risk Management, 1999.

Para ello se tuvo que construir la base de datos de los daños económicos ocasionados por catástrofes causadas por sismos. Se calcularon los daños esperados ocasionados por sismos y la probabilidad de ocurrencia del evento. Se construye el bono catastrófico con ayuda de valores presentes actuariales y se calculan las tasas de interés que logran dar beneficios al inversionista y al gobierno por la compra y venta del bono. Finalmente para verificar que el bono catastrófico diseñado para terremotos en México funciona a largo plazo se hacen simulaciones por 1000 años.

### **1.3 TERMINOLOGÍA.**

Por catástrofes de la naturaleza se entiende un evento siniestral de baja probabilidad causado por las fuerzas naturales, que por regla general produce una multitud de daños individuales que afectan a muchos contratos de seguro y, con frecuencia, a varias partes contractuales. La magnitud siniestral de una catástrofe no depende sólo de la intensidad de los fenómenos naturales, sino también de factores en los que interviene el hombre, como formas de construcción o la eficacia de la protección contra catástrofes en la región afectada. El criterio para clasificar a un evento como desastre es que cause cien o más víctimas o pérdidas económicas significativas a nivel nacional.<sup>3</sup>

Las catástrofes de la naturaleza están divididas en seis categorías:

- Inundación.
- Tempestad.
- Terremotos (incluyendo maremotos).
- Sequía, incendios forestales.
- Frío, heladas.
- Otras (incluyendo granizo y aludes).

---

<sup>3</sup> *Sismos*, Serie Fascículos, CENAPRED, Secretaría de gobernación, México, 4ta.edición, Diciembre, 2001.

Internacionalmente, desde 1987, las tempestades son, con un promedio de \$8900 millones de dólares anuales, la causa más importante de siniestros, seguida de los terremotos, con \$1600 millones de dólares y las inundaciones, con \$800 millones de dólares.<sup>4</sup>

Según la revista *Sigma de SwissRe*, la magnitud de las catástrofes naturales y antropogénicas aumenta desde 1970. Este hecho refleja el incremento del potencial siniestral, que viene determinado por:

- Una mayor densidad de la población.
- Más valores asegurados en regiones expuestas.
- Mayores concentraciones de valores en todo el mundo.

Se llama peligro P, a la probabilidad de que se presente un evento de cierta intensidad, tal que pueda ocasionar daños en un sitio dado. Se define como grado de exposición E, a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en un sitio considerado y que posiblemente sean dañados por el evento. Se llama vulnerabilidad V, a la propensión de ser afectados por el evento; la vulnerabilidad se expresa como una probabilidad de daño<sup>5</sup>. Por lo tanto,

$$\text{RIESGO} = \text{Peligro} * \text{Exposición} * \text{Vulnerabilidad} = P * E * V$$

Por la experiencia vivida, se piensa que las causas físicas de las tempestades, las inundaciones y los terremotos son independientes entre sí, lo que hace que se suponga que no exista correlación entre los siniestros ocasionados por catástrofes naturales y el mercado financiero. Así, si a una cartera de acciones y obligaciones se le añaden riesgos catastróficos se logra que su dispersión disminuya.

---

<sup>4</sup> Sigma, Swiss Re, *Natural Catastrophes and Man made disasters in 2001*, No.1/2002.

<sup>5</sup> *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México*, Atlas Nacional de Riesgos de la Republica Mexicana, CENAPRED, Secretaría de Gobernación, México, 2001.



En países desarrollados, la reconstrucción después de los desastres naturales es financiada por la transferencia de riesgo. Tal transferencia puede ser hecha por la compra de seguros o emitiendo los llamados “Bonos catastróficos”. Estos instrumentos financieros son llamados ex-ante porque son arreglados antes de que una catástrofe tenga lugar.<sup>6</sup>

## **2. SISMICIDAD EN MÉXICO.**

Durante el transcurso de este capítulo se desarrollará la información referente a los sismos, sus causas, características, clasificaciones y sus mediciones en escala de Mercalli y Richter. También se comenta brevemente el método de localización de epicentros, algunas teorías de predicción de sismos y la instrumentación requerida para el registro de las características de los sismos.

### **2.1 ONDAS SÍSMICAS Y PLACAS TECTÓNICAS.**

La corteza terrestre está formada por placas. El territorio nacional, asociado al cinturón Circumpacífico, se encuentra afectado por la movilidad de cuatro placas tectónicas: la de Norteamérica, Cocos, Rivera y la del Pacífico. Las placas se mueven una con respecto a otras ocasionando movimientos que alcanzan varios centímetros por año. Estas fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento entre placas, generan grandes esfuerzos en el material que las constituye. Si este esfuerzo sobrepasa el material de la roca, ocurre entonces una liberación repentina de la energía acumulada que se irradia en forma de ondas y que se conocen como ondas sísmicas.

Las ondas sísmicas son de varios tipos:

La *onda primaria* u onda P, cuya velocidad varía dependiendo del tipo de roca, entre 1100m/s y 8000m/s. Esta onda comprime y expande la roca en la misma dirección de su trayectoria. Puede propagarse a través de sólidos y líquidos. La *onda secundaria* u onda S, viaja a menor velocidad que la P (entre 500 y 4400 m/s)

---

<sup>6</sup> Sigma, Swiss Ree, *Natural Catastrophes and Man made disasters in 2001*, No.1/2002.

Mientras se propaga, deforma el material lateralmente respecto de su trayectoria. Por esta razón no se transmite en fluidos.

El terremoto se siente de la siguiente manera, en un sitio a cierta distancia del epicentro, primero llega la onda P con un efecto de vibración de paredes y ventanas, segundos después llega la onda S, con movimiento vertical de arriba hacia abajo y viceversa y de lado a lado. Este es el movimiento responsable del daño a las construcciones.

El tercer tipo de ondas es el de las *ondas superficiales*, las cuales se propagan por la parte más superficial de la corteza terrestre; a medida que la profundidad aumenta disminuye la amplitud de su movimiento.<sup>7</sup>

## **2.2 TIPOS DE SISMOS.**

Por su origen, los sismos pueden clasificarse como naturales y artificiales. Asimismo los sismos naturales se dividen en sismos tectónicos, volcánicos y de colapso.

Los sismos tectónicos se generan por interacción de placas tectónicas. De estos sismos se han definido varias clases:

Los *sismos de subducción* se presentan porque una placa se dobla y penetra bajo la otra. Tienen una longitud que varía de 50 kilómetros hasta 200 kilómetros de largo. Ocurren por el roce entre la placa Norteamericana y las placas oceánicas de Cocos y Rivera, a lo largo de su zona de contacto.

Los *sismos profundos* ocurren a profundidades mayores a 40 kilómetros dentro de las placas subducidas y se producen por el resquebrajamiento de las placas oceánicas de Rivera y Cocos en subducción.

---

<sup>7</sup> *Sismos*, Serie Fascículos, CENAPRED, Secretaría de gobernación, México, 4ta.edición, Diciembre, 2001.

Los *sismos corticales* son aquellos sismos que ocurren dentro de la placa Norteamericana, no sobrepasan los 35 kilómetros de profundidad, sus magnitudes son menores a las de los sismos de subducción y a los profundos; sin embargo, por ser superficiales ocurren principalmente a lo largo del Eje Volcánico Mexicano, donde se concentra la mayor parte de la población, lo que puede provocar grandes daños materiales.

Los *sismos interplaca* ocurren entre las placas de Norteamérica y Pacífico, ocurren a profundidades someras y llegan a alcanzar magnitudes hasta de 7 grados, son sismos superficiales por lo que pueden provocar grandes daños.<sup>8</sup>

Los maremotos, o tsunamis, son consecuencia de sismos tectónicos bajo el fondo del océano.<sup>9</sup>

Los sismos de subducción son los más frecuentes, en la base de datos de sismos ocurridos en México de 1900-2000 proporcionada por el Sistema Sismológico Nacional se reportaron 78 sismos de este tipo, 46 sismos profundos, 3 sismos corticales y los que sobran ocurrieron a lo largo de fracturas oceánicas entre el Pacífico y el norte de Baja California.

Los *sismos volcánicos* son simultáneos a erupciones volcánicas. Mientras que los *sismos de colapso* son los generados por derrumbes de techo de cavernas o minas, ocurren cerca de la superficie.

Los *sismos artificiales* son aquellos producidos por el hombre por medio de explosiones comunes y nucleares.

---

<sup>8</sup> Poster: *Cien años de sismicidad en México*, Instituto de Geofísica, UNAM, 1999.

<sup>9</sup> *Sismos*, Serie Fascículos, CENAPRED, Secretaría de gobernación, México, 4ta.edición, Diciembre, 2001.

La sismicidad de la península de California y de los estados de Sonora y Sinaloa está dominada por fallas de transformación que forman parte del sistema de San Andrés. Desde Colima hasta Oaxaca domina la subducción de las placas de Rivera y de Cocos bajo la de Norteamérica. Al sureste de Oaxaca, la placa de Cocos se subduce bajo la del Caribe, afectando con ello al estado de Chiapas. El movimiento horizontal de la placa del Caribe con respecto a la placa Norteamericana produce temblores que afectan a Chiapas. La mayoría de los temblores del país se producen a una profundidad a menos de unos 25 kilómetros mientras que los de las placas subducidas alcanzan profundidades hasta de unos 125 kilómetros o más.<sup>10</sup>

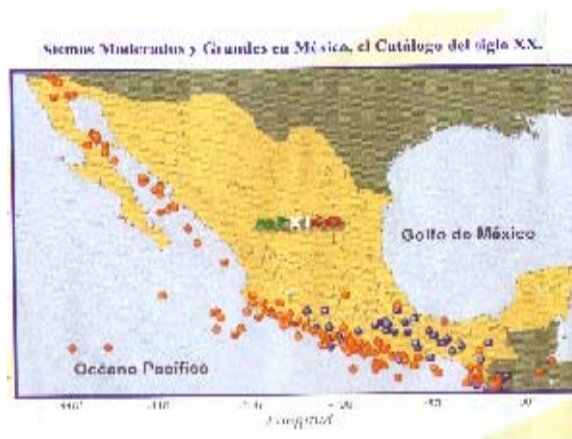


FIG. 1. Sismos moderados y grandes en México.  
Fuente: Sistema Sismológico Nacional.

En la Fig.1 se presentan los sismos moderados y grandes que han ocurrido en México. Las esferas rojas representan los sismos superficiales (aquellos localizados a profundidades menores de 40 kilómetros ocurridos en los últimos 30 años en México, la mayoría se alinea con las fronteras entre las placas tectónicas. Las esferas azules representan los temblores que ocurren a profundidades mayores a 40 kilómetros. Estos sismos se localizan dentro de las placas oceánicas que se subducen bajo el continente.<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Rosenblueth, Emilio; *Sismos y sismicidad en México*; Instituto de Ingeniería, UNAM.

<sup>11</sup> Poster: *Cien años de sismicidad en México*, Instituto de Geofísica, UNAM, 1999.

En la Fig. 2 se representa la localización de los sismos más importantes en México, el grupo al que pertenecen y las placas que los producen.

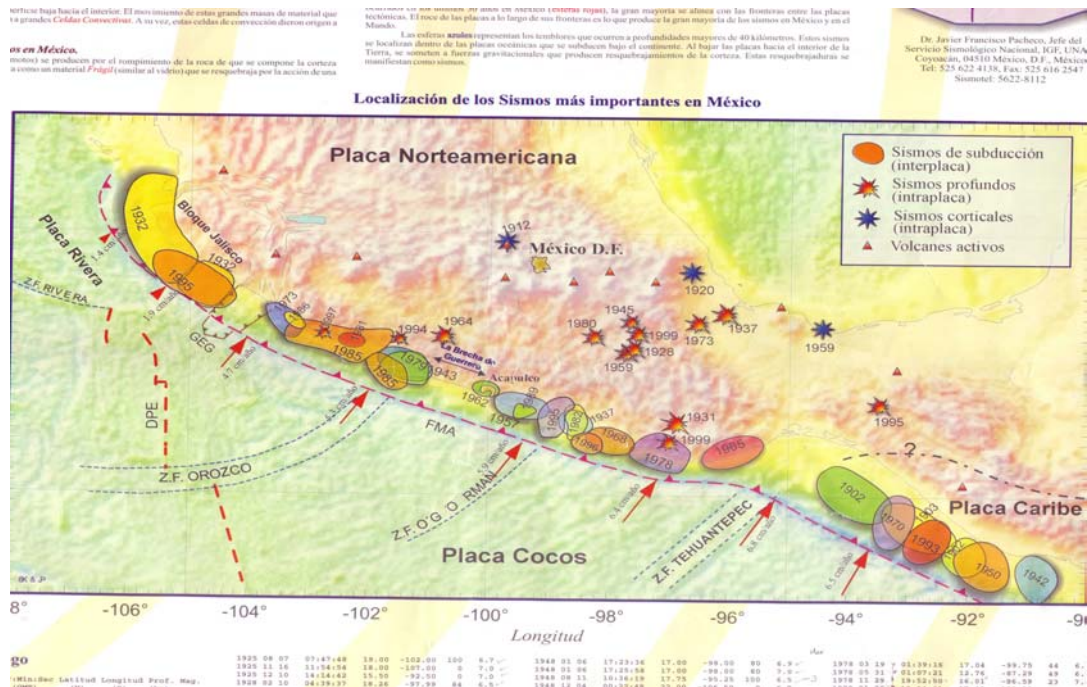


FIG. 2. Los sismos más importantes en México.  
Fuente: Sistema Sismológico Nacional.

### 2.3 ESCALAS DE MAGNITUD E INTENSIDAD.

Las vibraciones del terreno tienen un poder destructivo que depende del conjunto de frecuencias de las vibraciones, de sus amplitudes, de la duración del movimiento y de las construcciones que existan en el lugar. El poder destructivo o potencial de un temblor en un sitio determinado es lo que se mide con el concepto de intensidad.

La intensidad de un sismo se refiere a un lugar determinado; se asigna en función de los efectos causados al hombre, en sus construcciones y en el terreno del sitio. La escala de intensidades más usada en nuestro continente es la de Mercalli Modificada (MM), que va de 0 al grado XII (números romanos). La escala de magnitud, a diferencia de la de intensidad, más utilizada es la escala Richter medida en grados (°R).

### 2.3.1 ESCALA DE INTENSIDAD MERCALLI.

Los sismólogos usan diferentes valores de la escala de Intensidad Mercalli para describir los distintos efectos de un sismo.<sup>12</sup>

La Tabla 1 presenta la definición de la escala de intensidad Mercalli Modificada Abreviada.

Intensidad	Observaciones
I	No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por muy poca gente en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
III	Sentido muy claramente en interiores, especialmente es pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como al paso de un camión. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por las noches algunos despiertan. Platos, ventanas y puertas agitadas; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo sale al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.
VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien construidos, llegando hasta colapso parcial o grande en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.

<sup>12</sup> *Sismos*, Serie Fascículos, CENAPRED, Secretaría de gobernación, México, 4ta.edición, Diciembre, 2001.

X	Algunas estructuras bien construidas en madera, destruidas; la mayoría de estructuras de mampostería y marcos destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado. Rieles torcidos. Corrimientos de tierra considerables en las orillas de los ríos y en laderas escarpadas. Movimientos de arena y barro. Agua salpicada y derramada sobre las orillas.
XI	Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Grietas anchas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terreno blandos. Rieles muy retorcidos.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

TABLA 1. Escala de Intensidad Mercalli-Modificada abreviada.  
Fuente: Sismos, CENAPRED, Serie Fascículos.

### 2.3.2 ESCALA RICHTER.

Con el objetivo de evaluar el tamaño real de un sismo, se relacionó a la magnitud con la cantidad de energía liberada, que es independiente de la ubicación de los instrumentos que los registran. Así, un mismo temblor tiene por ello una sola magnitud pero diversidad de intensidades. En 1932, Charles Richter precisó la escala de magnitud (M), utilizando las amplitudes de las ondas registradas por un sismógrafo<sup>13</sup>; sin embargo, hoy por costumbre el nombre de magnitud Richter se sigue utilizando pero el uso de la magnitud ha trascendido.

En la actualidad existen diversas escalas de magnitud según la porción de los registros que se empleen para calcular esta cantidad. La *magnitud Ms* se refiere más a los temblores grandes, no puede reportar valores mayores a 9.0 y se calcula a partir de las ondas superficiales. Las magnitudes (Ms) que se han registrado en la República Mexicana son 8.2 entre placas, 7.8 en las placas subducidas y 7.0 en el interior de la placa Norteamericana. Es posible que algún temblor en el futuro pueda exceder de estos valores en más de 0.2.

La *magnitud del momento* (Mw) se relaciona directamente con la energía liberada, está en función del logaritmo de esta energía, puede ir de menos a más infinito; para ingeniería son de interés las de magnitudes mayores a 4.5 o 5; las menores a

<sup>13</sup> Sismos, Serie Fascículos, CENAPRED, Secretaría de gobernación, México, 4ta.edición, Diciembre, 2001.

ésto son de interés en sismología. La magnitud  $M_w$  por ser una función logarítmica, un incremento dado en magnitud implica la liberación de un cierto número de veces más energía. Por cada dos grados son mil veces más energía; por cada grado casi 32 veces y por cada 0.2 de grado dos veces más. Esto también es válido para las magnitudes  $M_s$  que se hallen entre 6 y 8.5 más o menos.<sup>14</sup>

Un sismo de magnitud (M) igual a 8 equivale en términos de energía liberada a:

32 sismos de magnitud 7  
 1000 sismos de magnitud 6  
 32000 sismos de magnitud 5  
 1000000 de magnitud 4

A continuación en la Tabla 2 se presentan los efectos típicos de los terremotos en diversos rangos de magnitud:<sup>15</sup>

Magnitud	Efectos del terremoto
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado.
3.5-5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
5.5-6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios.
6.1-6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente.
7.0-7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

TABLA 2. Escala Richter.  
 Fuente: Sismos, CENAPRED, Serie Fascículos.

Tomando en cuenta la sismicidad a escala mundial, se han calculado los promedios anuales de los eventos sísmicos más importantes por sus magnitudes en la Tabla 3.

<sup>14</sup> Rosenblueth, Emilio; *Sismos y sismicidad en México*; Instituto de Ingeniería, UNAM.

<sup>15</sup> *Sismos*, Serie Fascículos, CENAPRED, Secretaría de gobernación, México, 4ta.edición, Diciembre, 2001.



Eventos por año en el mundo	Magnitud(M)
2	8-8.9
15 a 20	7-7.9
100 a 150	6-6.9

*TABLA 3.* Tabla de Sismicidad a Escala Mundial.  
Fuente: Sismos, CENAPRED, Serie Fascículos.

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) es el encargado de determinar la magnitud, el tiempo de origen, localización del epicentro y profundidad de los sismos ocurridos en México.

Aunque cada terremoto tiene una magnitud única, su efecto variará grandemente según la distancia, la condición del terreno, los estándares de construcción y otros factores. Más adelante se demostrará que no solamente la magnitud influye para que un sismo sea catastrófico, la profundidad es otra variable de gran importancia, y que contraria a la magnitud es inversamente proporcional al daño esperado del temblor.

#### **2.4 INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA.**

Los instrumentos que más se emplean para el registro de las características de los sismos son los sismógrafos y los acelerógrafos, que registran el movimiento del terreno cuando pasa una onda sísmica. El sismógrafo puede ampliar decenas o centenas de miles de veces la velocidad del movimiento en terreno causado por un sismo. Pero cuando esta onda es muy cercana, el sismógrafo no lo puede registrar porque registra un sismograma saturado. Para registrar estos movimientos se usa el acelerógrafo, el cual registra la aceleración del terreno. Generalmente se usa para reajustar la intensidad del movimiento producido por un temblor en un lugar determinado.

## 2.5 LOCALIZACION DE EPICENTROS, SU INTENSIDAD Y MAGNITUD.

### 2.5.1 DETERMINACIÓN DE EPICENTROS.

Para determinar el epicentro de un sismo es necesario que varias estaciones sismológicas determinen el epicentro, puesto que la diferencia entre las ondas P y las S multiplicadas por ocho da una distancia aproximada al epicentro en kilómetros pero no da la dirección, por eso es necesario contar al menos con tres estaciones sismológicas que registren el temblor para ubicar el epicentro. Ya teniendo las distancias de las estaciones, el epicentro del sismo es la intersección de los círculos trazados (Fig. 3). En la práctica, el procedimiento para localizar epicentros es más complicado porque debe tomarse en cuenta la estructura interna y la esfericidad de la tierra.

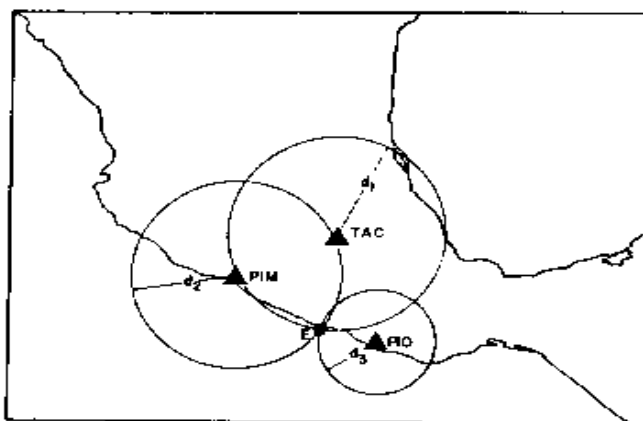


FIG.3. Localización de sismos. El punto de intersección (E) de los círculos de radio epicentro-estación de las distintas estaciones sismológicas es el epicentro del sismo. En la figura se representa el ejemplo de un sismo en las costas de Guerrero, localizado mediante registros de las estaciones: Tacubaya, D.F. (TAC); Presa Infernillo, Mich. (PIM); y Pinoterpa Nacional, Oax. (PIO). Fuente: CENAPRED, página de internet, 13/2/03.

## **2.6 PREDICCIÓN DE SISMOS.**

Hasta el momento no se ha encontrado un procedimiento capaz de predecir la ocurrencia de terremotos con suficiente sustento científico. Los estudios para determinar las probabilidades de ocurrencia de terremotos se basan en las estadísticas que se tienen sobre la incidencia de los mismos. De acuerdo con las experiencias recientes, se ha reconocido que la herramienta más útil para abatir el riesgo sísmico en las grandes concentraciones urbanas es la buena calidad de la construcción. En la medida en que se tengan reglamentos de construcción adecuados para el tipo de suelo y edificación aplicados cuidadosamente durante la ejecución de una obra, la probabilidad de que se tengan daños y víctimas, disminuirá.

La tasa de excedencia de la magnitud es la probabilidad de que en una fuente se exceda determinada magnitud en un periodo de un año de duración y se supone que ésta es independiente del tiempo. Sin embargo, la periodicidad se ha comprobado en los temblores de una fuente dada, es decir, sus tasas de excedencia varían con el tiempo. Ningún temblor de gran magnitud ha ocurrido en los últimos 78 años en el poniente de Acapulco, lo cual indica que no tarda en ocurrir alguno porque su tiempo promedio de recurrencia es de 50 años. Rosenblueth<sup>16</sup> menciona que con base a temblores con magnitud mayor a 7 se concluye que la probabilidad es de  $2/3$  de que ocurra un sismo al poniente de Acapulco antes de 30 años, pero se sostiene que existe una probabilidad mayor de que ocurra el fenómeno a corto plazo y de que sea de igual o mayor magnitud que la del terremoto de 1985 porque la distancia entre el Distrito Federal y Acapulco es más corta que Michoacán y el Distrito Federal. Sin embargo, existe otra hipótesis que establece que esta energía puede liberarse en tres temblores con magnitud de 7.9 repartidos hasta en una decena de años.<sup>14</sup>

No hay confianza absoluta acerca de la ocurrencia de terremotos ni de las pérdidas económicas directas e indirectas que ocasionarán. Ante la gran incertidumbre que

---

<sup>16</sup> Rosenblueth, Emilio; *Sismos y sismicidad en México*; Instituto de Ingeniería, UNAM, pp.11-24.

se presenta no es despreciable la ocurrencia de futuros y próximos terremotos que azoten a la Ciudad de México. Debe quedar claro que no se puede precisar la fecha de ocurrencia pero si la zona con mayor probabilidad de ocurrencia.

### **2.6.1 PROCESO POISSON Y OTROS MODELOS.**

Sin embargo, una de las teorías mundiales para modelar terremotos es el modelo Poisson o de tiempo independiente, que es un proceso aleatorio en donde la probabilidad de un evento futuro no está influenciado por el lugar o el tiempo, es decir los terremotos no tienen “memoria”. Sin embargo, esta suposición de independencia puede no ser correcta, aunque es útil en la práctica.

Por la incertidumbre en la ocurrencia de los temblores, parece poco probable que los terremotos estén relacionados unos con otros; sin embargo existe el modelo de tiempo dependiente de la ocurrencia de terremotos que asume que el intervalo entre el penúltimo y último terremoto ocurrido es de gran importancia pues incrementa la probabilidad de un futuro terremoto. De hecho es, además, posible en algunos caso identificar segmentos seguros de una falla sísmica debido a un gran terremoto y además que llega atrasado. Estas situaciones, generalmente conocidas como intervalos sísmicos han sido identificados en varias regiones del mundo, por ejemplo: el sismo de Guerrero en 1985 (México) donde el pronóstico fue correcto.<sup>17</sup>

En años recientes, modelos de tiempo dependiente han sido mejorados con la inclusión no sólo del tiempo del evento pasado en un segmento de falla en particular, sino también de los efectos de los sismos en regiones circunvecinas. Esta nueva teoría en el riesgo de tiempos dependientes es conocida como: “Interacción entre fuerzas o interacción de fallas” modelada por su autor Ross Stein y sus colegas de estudios geológicos de los Estados Unidos, quienes lo aplicaron en Estambul, Turquía, después del terremoto Izmit ocurrido el 17 de Agosto de 1999.

---

<sup>17</sup> Hitz, Luzi; Kriesch, Sandro; Schmid, Edouard; *Random Occurrence or predictable disaster? New models in earthquakes probability assessment*, Swiss Re. publishing, 2000.

Asumiendo que los terremotos ocurren independientemente uno de otro, el equipo de Stein calculó la probabilidad de severidad para esta región (20% en los próximos 30 años), más la del tiempo transcurrido del último gran terremoto, con ayuda de una compilación de daños de terremotos en la región del mar Marmara, en Estambul, sugiere al menos dos de cuatro fallas llegan tarde al proceso de renovación del terremoto. Esto hace que la probabilidad de un nuevo terremoto en Estambul crezca en un 30%. Así usando el nuevo modelo, la probabilidad de un terremoto dentro de los 30 próximos años es del 50% y aumenta más hasta 62% cuando se aplica el efecto de interacciones de fuerzas inducida por el evento de Izmit en 1999.<sup>18</sup>

La teoría de interacciones de fuerzas entre fallas ha sido aplicada para explicar los terremotos de los últimos 60 años. Esta teoría sostiene que cuando una falla se rompe y produce grandes terremotos, el nivel de fuerza que desprende la falla repentinamente se detiene. Esta fuerza cambia la fuerza diseñada y podría traer, teóricamente, fallas contiguas más cercanas a un fracaso, además de que incrementaría la probabilidad de ocurrencia del próximo terremoto en esta falla<sup>17</sup>.

Sin embargo, a pesar de los estudios recientes, todavía es impredecible la ocurrencia de un terremoto.

## **2.7 REGIONALIZACIÓN SÍSMICA.**

En México, los epicentros de la mayor parte de los sismos con magnitud mayor o igual a siete se encuentran concentrados en el llamado Cinturón Circumpacífico: a lo largo de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Pero también han ocurrido grandes sismos en Puebla, Veracruz, Estado de México y Baja California.

---

<sup>18</sup> Hitz, Luzi; Kriesch, Sandro; Schmid, Edouard; *Random Occurrence or predictable disaster? New models in earthquakes probability assessment*, Swiss Re. publishing, 2000.

Debido a ésto, se ha dividido al territorio nacional en cuatro zonas: A, B, C y D (Ver Fig. 4), cuyo peligro es ascendente. Esta nueva regionalización sísmica ha permitido el cálculo del diseño de obras de manera que resulten seguras y a bajo costo. Utilizando los datos del Censo de Población y la regionalización sísmica, puede tenerse una estimación del volumen de población expuesto al fenómeno sísmico. Las zonas C y D concentraron un poco más de 24 millones de habitantes, de ahí la importancia de estudios sismológicos. Si a éstos se agregan los 8.6 millones de habitantes correspondientes al Distrito Federal, área donde el movimiento sísmico es más alto por el terreno blando, implica un nivel de 32.6 millones de un total de 97.4 millones que está expuesta al peligro de un sismo severo.<sup>19</sup>

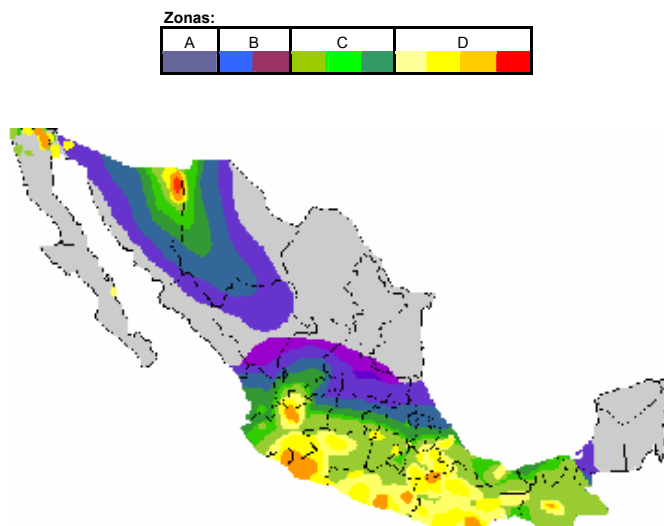


FIG. 4. Mapa de regionalización sísmica.  
Fuente: CENAPRED.

<sup>19</sup> *Sismos*, Serie Fascículos, CENAPRED, Secretaría de gobernación, México, 4ta.edición, Diciembre, 2001.

### **3. SISTEMAS DE TRANSFERENCIA DE RIESGOS.**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL CAPÍTULO.**

Hoy en día existen numerosos riesgos que no son independientes y tampoco altamente correlacionados. Estos riesgos incluyen los creados por el medio ambiente, por ejemplo, cuando un huracán o un temblor sucede no todos los afectados sufren una pérdida total. Aunque, muchas pérdidas pueden ocurrir el mismo tiempo. Por eso el desafío en la creación de fondos contingentes para estos desastres será tener acceso a capitales adecuados para cubrir el peor de los escenarios.

Uno de los sistemas más utilizados por las aseguradoras para cubrirse contra posibles pérdidas debidas a eventos catastróficos es el reaseguro. En este capítulo se presentan las ventajas y desventajas generales de un bono catastrófico al compararse con el reaseguro<sup>20</sup>. Para llevar a cabo esta comparación se establecen los diferentes riesgos a los que se enfrentan ambos instrumentos.

#### **3.2 REASEGURO.**

La dinámica que usan las compañías aseguradoras para ofrecer protección a riesgos naturales es poniendo en práctica el principio de la dispersión geográfica del riesgo; sin embargo, cuando ocurre un desastre natural severo, como un terremoto, puede ocasionarle problemas debido a la alta correlación entre las pérdidas de su portafolio. Esta dependencia entre riesgos puede requerir que las aseguradoras aumenten sus primas o reduzcan su cobertura a este tipo de riesgos. Para resolver el problema anterior, los reaseguradores proveen protección a las aseguradoras de la misma manera que las compañías lo hacen con los asegurados. El reaseguro es un instrumento técnico de división y distribución de riesgos del cual se vale una entidad aseguradora para conseguir la compensación estadística que requiere su

---

<sup>20</sup> Para mayor información de los dos instrumentos véase: Croson, David C.; Keureuther, Howard C.; Customizing Reinsurance and Cat bonds for Natural Hazard Risks, Paper presented at Conference on Global Change and Catastrophic risk Management, 1999.

operación, igualando u homogeneizando los riesgos que componen una cartera, mediante la cesión de parte de dichos riesgos a otra u otras entidades aseguradoras (reaseguradoras)<sup>21</sup>.

Por comprar este tipo de protección, la distribución de las ganancias de la compañía es menos incierta que antes debido a que ha recibido una capa extra de cobertura del reasegurador al tiempo de la catástrofe.

### **3.2.1 TIPOS DE REASEGURO.**

El reaseguro ha tomado varias formas dependiendo de las necesidades y características de la compañía cedente y del riesgo o riesgos de que se trate.

En general se ha clasificado al reaseguro, por la forma en que lleva a cabo el contrato, en cuatro tipos: automático, facultativo, facultativo-obligatorio y obligatorio-facultativo; mientras que por la manera en que se distribuyen el riesgo y la prima, se divide en proporcional y no proporcional.

**Reaseguro Automático:** La compañía cedente se compromete a ceder una participación determinada en un tipo de negocio y el reasegurador se obliga a aceptarla. En este tipo de reaseguro, el reasegurador se compromete a aceptar todos los negocios que la cedente suscriba, en cierto ramo, bajo ciertas circunstancias y hasta un límite fijado de común acuerdo. Esto implica que la compañía aseguradora mantiene su libertad en la suscripción de los negocios, selección, tarificación y ajuste de los siniestros como lo considere conveniente. Por su parte el reasegurador no puede intervenir en la suscripción, pero tiene la ventaja de conseguir un volumen más importante y negocios más equilibrados.

---

<sup>21</sup> Castelo, Julio. Pérez, José María. Diccionario Básico de Seguros. Mapfre. Madrid, pp.126.



**Reaseguro Facultativo:** Este tipo de reaseguro se contrata riesgo por riesgo, el asegurador faculta al reasegurador para aceptar o rechazar ciertos riesgos que de antemano sabe que no puede retener.

**Reaseguro Facultativo-Obligatorio :** Se caracteriza porque la compañía cedente no tiene la obligación de ceder el riesgo, sino que conserva la libertad de decidir que negocios desea reasegurar, mientras que el reasegurador se obliga a aceptar todas las cesiones dentro de las características y límites fijados previamente.

**Reaseguro Obligatorio – Facultativo:** En este tipo de reaseguro, la compañía cedente tiene la obligación de ceder ciertos riesgos, mientras que el reasegurador decide si los acepta o no.

Ahora, en términos de la manera en la que se distribuye el riesgo y la prima el reaseguro se clasifica en:

**Reaseguro Proporcional:** Se distingue por el hecho de que las primas y los siniestros se reparten en una relación proporcional previamente establecida entre la compañía cedente. Dentro del reaseguro proporcional se encuentra el contrato de *Cuota Parte*, donde la relación de proporcionalidad es idéntica para todos los riesgos, y el contrato de *Excedente* donde la relación de proporcionalidad puede variar de un riesgo a otro.

CUOTA PARTE:

La compañía de seguros comparte cada riesgo de su cartera en forma proporcional a un porcentaje de retención previamente pactado. En la misma proporción se comparten las primas. Por lo tanto, el reasegurador cubre  $R_1(t)$  donde:

$$R_1(t) = pS(t).$$

$p \in (0,1)$  es la proporción de siniestro cubierta por el reasegurador y  $S(t)$  es el monto total de siniestros de la cartera al tiempo  $t$ .

#### EXCEDENTE:

Este tipo de reaseguro, dependiendo de la magnitud de cada riesgo, permite porcentajes variables para la retención y cesión al reaseguro. La responsabilidad en la retención de la cedente está determinada con un monto fijo donde los montos absorbidos por cada una de las partes dependen de la relación entre retención y suma asegurada de cada riesgo.

Una vez determinada la parte de retención y de reaseguro en todos los riesgos, puede calcularse proporcionalmente la responsabilidad, es decir, el porcentaje de participación tanto en primas como en siniestros de cada una de las partes.

Los riesgos con suma asegurada menor al monto retenido serán absorbidos en su totalidad por el asegurador directo.

**Reaseguro No Proporcional:** En este tipo de reaseguro no existe una relación fija predeterminada para la repartición de primas y siniestros entre el asegurador directo y el reasegurador. Dicha repartición se efectúa según la pérdida ocurrida. Para ello se define previamente un monto límite o prioridad hasta el cual el asegurador asumirá todos los siniestros mientras que el reasegurador tiene que pagar todos los siniestros por encima de esta prioridad y hasta un límite de cobertura convenido.

En los diferentes tipos de contratos no proporcionales el reaseguro protege contra los excesos en las pérdidas de las cedentes. De cada pérdida que excede una prioridad (primer riesgo o retención de la cedente), la reaseguradora paga el exceso sujeto a un máximo (segundo riesgo o monto en exceso cubierto). El reclamo puede ser definido por riesgo, por evento catastrófico o por exceso de pérdida anual.

#### REASEGURO DE EXCESO DE PÉRDIDA POR RIESGO WXL:

Este tipo de reaseguro protege al asegurador contra siniestros que sobrepasen la retención que conserva por cuenta propia. Otorga protección contra siniestros

grandes por riesgo. Los siniestros son independientes y si el evento siniestral afecta a varios riesgos, de ello resultan varios siniestros para el reaseguro de exceso de pérdida porque la cobertura la pone en funcionamiento un siniestro sobre un riesgo único.

Esta modalidad puede utilizarse también en combinación con el reaseguro proporcional.

A diferencia del reaseguro proporcional, si todos los siniestros son menores al límite de retención, los reaseguradores no aportan nada y sólo pagan a partir de éste y hasta un cierto límite. Como la cedente paga siempre los primeros pesos hasta el límite de retención logra que los siniestros individuales sean ahora más homogéneos.

#### EXCESO DE PÉRDIDA POR EVENTO O POR EVENTO CATASTRÓFICO, XL:

Ofrece a la cedente protección contra la acumulación de numerosos siniestros causados por el mismo evento. Para este tipo de acumulaciones de siniestros existe diferencia si el exceso de pérdida es por riesgo o por evento ya que el exceso de riesgo por evento no considera el número de riesgos afectados sino que está orientado únicamente a la acumulación de montos agregados de siniestros provenientes del mismo evento.

En general, este tipo de reaseguro cubre la retención contra posibles eventos catastróficos. Se acuerda que la reaseguradora pagará el exceso, y hasta un cierto límite sobre la retención preestablecida para los eventos catastróficos durante el año.

#### REASEGURO POR FRECUENCIA (STOP LOSS):

Este tipo de reaseguro, limita la pérdida de la cedente sobre la suma de todos los siniestros en la cartera de un año, es decir, protege a la compañía para que la varianza en la siniestralidad no sobrepase de un monto determinado. La prioridad y

las coberturas casi siempre están determinados en porcentaje de las primas suscritas de retención. El stop loss puede ser ilimitado, en el cual la reaseguradora paga todo lo que exceda la prioridad, o limitado, donde la reaseguradora se hace cargo del monto de siniestros que exceden a la prioridad hasta un determinado monto llamado capacidad de reaseguro.<sup>22</sup>

### **3.3 BONOS CATASTRÓFICOS.**

*“Los mercados han desarrollado nuevos instrumentos financieros como los bonos acción de Dios, para protección de grandes pérdidas de desastres naturales” – Howard C. Kunreuther.*

#### **3.3.1 DEFINICIÓN DE BONO CATASTRÓFICO.**

Los bonos catastróficos son nuevos instrumentos para la prevención de riesgos, son parecidos al reaseguro porque protegen contra un exceso de pérdida del asegurador primario. Son bonos que pueden pagar cupones y hasta posiblemente el principal de manera contingente dependiendo de la ocurrencia de un evento catastrófico. Los inversionistas tienen parte de su principal en riesgo pero a cambio se les ofrece una tasa de cupones o de intereses más alta que la usual. La mayoría de los bonos catastróficos están ligados a un índice de pérdidas ocurridas (por ejemplo: pérdidas totalmente aseguradas de un terremoto en California) o a un índice de severidad de desastres (por ejemplo: pagar cantidades por daños de terremotos basados en la escala de Richter en localidades específicas en Japón). Es decir, los pagos del bono se hacen a partir de un cierto valor en el índice (por ejemplo, un terremoto con una magnitud registrada en la escala Richter). Los índices negociados y de cambio ofrecen pagos en caso de ocurrencia del evento. Un índice de pérdidas debe ser estandarizado y uniforme, con una fórmula de índice bien entendida y verificable, los datos del índice deben ser competitivamente determinados y no sujetos a manipulación, además de que el mercado debe

---

<sup>22</sup> Castelo, Julio. Pérez, José María. Diccionario Básico de Seguros. Mapfre. Madrid, pp.126.

percibir que el índice refleja el verdadero valor de la pérdida. Los individuos no influyen en la determinación de los pagos del bono, esto hace que su precio, su riesgo moral, sus costos de transacciones y el tiempo de las reclamaciones disminuya, así uno espera que haya más transparencia en el precio y aumente la liquidez.

Ante una necesidad de evaluar los riesgos dados, se han desarrollado instituciones especializadas en meteorología y geofísica. Algunas compañías mediante simulaciones predicen la probabilidad y severidad de las catástrofes. Otras sin recursos de modelaje ajustan datos históricos, tales como Property Claim of Service (PCS) o The Insurance Service Office (ISO) en Estados Unidos que usan modelos paramétricos y dan estimaciones de los valores esperados de las pérdidas dado que la pérdida excede cierto umbral.<sup>23</sup>

Las opciones para riesgos catastróficos PCS que se negocian en el Banco de Comercio de Chicago (CBOT) son los primeros índices negociados. Hay nueve índices en Estados Unidos de América (uno nacional, 5 regionales y 3 estatales) de catástrofes definidas para ciertas regiones. El periodo de pérdida generalmente es por trimestres. Cuando hay una pérdida que exceda el umbral del nivel de pérdida durante el trimestre, la opción de compra funciona como un reaseguro.<sup>24</sup>

Dado que los inversionistas en bonos catastróficos querrán obtener grandes y suficientes rendimientos en su inversión, en forma de grandes tasas de interés cuando el evento no ocurra para justificar el riesgo de perder su principal o recibir una tasa de interés mas baja si ocurre el desastre, actualmente, LIBOR ( London Interbank Offered Rate) es usado como un índice que cuenta las ganancias potenciales. Un bono catastrófico puede estar tantos puntos arriba de la tasa LIBOR, es decir, las ganancias están tantos puntos arriba de las tasas de interés

---

<sup>23</sup> Moore, James; *Tail Estimation and Catastrophe Security Pricing – Can we tell what target we hit if we are shooting in the dark?* Paper presented by Financial Institutions Center, Wharton, 99-14.

<sup>24</sup> Geman, Hélyette; *Insurance and Weather Derivatives, from exotic options to exotic underlyings*; Risk Books, 1999.

básicas pagadas en los mejores bancos Europeos y Americanos usados para calcular el LIBOR.<sup>25</sup>

Los bonos catastróficos son los instrumentos de deuda más comunes de seguridad, son como los bonos de gobierno, son opciones pero en donde el subyacente en lugar de ser acciones son desastres naturales, como la lluvia, sequía, terremoto, inundación, etc., pueden proveer de capital cuando ocurre un evento catastrófico provocado y no tienen riesgo de crédito. Cuando hay un evento catastrófico, el bono catastrófico se comporta como un bono tradicional, el cual no está correlacionado con el mercado de subyacentes financieros como niveles de tasas de interés o el consumo agregado.

Los bonos catastróficos no sólo son instrumentos que ofrecen oportunidades de compensación, sino más bien, instrumentos de diversificación de portafolios por su baja correlación con las acciones históricas y rendimientos de bonos tradicionales.<sup>26</sup>

### **3.3.2 HISTORIA.**

La creación de los bonos catastróficos se debió a la necesidad de cubrir grandes propiedades aseguradas, acción que no podía hacer el reasegurador típico. Estos nuevos instrumentos nacen como un mecanismo de compensación contra desastres naturales, un riesgo que no está correlacionado con el mercado de capital.

Los daños causados por los huracanes Andrew (1992), Opal (1995), Fran (1996) y terremotos como el de Kobe en los noventas, han logrado llamar la atención tanto de reaseguradores, aseguradoras y gobierno, y provocó que el mercado

---

<sup>25</sup> Jerry, R.Skees; *Opportunities for Improved Efficiency in Risk Sharing Using Capital Markets*, Paper for 1999 Summer Meetings Of the American Agricultural Economics Association.

<sup>26</sup> Baryshnikov, Yu; A. Mayo, D.R Taylor; *Pricing of CAT bonds*, Paper presented in JSTOR, October 22, 1998.

estadounidense desarrollará nuevos instrumentos. El costo total de los daños fue aproximadamente en exceso de \$50 billones de dólares.

El primer bono catastrófico fue un bono por \$50 millones de dólares emitido en 1998<sup>27</sup>. El principal del bono se pagaba a la compañía de seguros en caso de un temblor de 7 grados o más en la escala de Richter en ciertas regiones de Japón. En los Estados Unidos, los bonos más conocidos fueron los bonos “Act of God”, emitidos por Merrill Lynch & Co y usados por USAA (la cuarta compañía de seguros más grande de Estados Unidos en 1996) cubriendo el evento de huracán en Florida. El costo a USAA fue cerca de 1 billón de dólares y la probabilidad del evento fue de 1%; en este caso hubo dos formas de vender el bono: Una pagada a una tasa de interés LIBOR (London Interbank Offering rate) más 273 puntos bases: los inversionistas perderían los intereses ganados si USAA sufría pérdidas por huracanes durante un periodo de 15 meses las cuales excedieran \$1 billón de dólares. Esta forma del bono estaba dirigido principalmente a bancos y aseguradoras de vida quienes tenían riesgo de capital. La otra forma ofrecía una prima mucho mayor (576 puntos bases) sobre LIBOR pero el principal de los inversionistas estaba en riesgo en caso de pérdidas severas por causa de huracán. Esta forma del bono estaba dirigida a inversionistas agresivos como fondos mutualistas, fondos compensatorios o reaseguradores que tenían información ventajosa en estimación de riesgos.<sup>28</sup>

La demanda por los primeros bonos catastróficos fue pequeña pero se ha incrementado cada año. El instituto California Earthquake Authority (CEA) fue creado para proveer seguros en contra de posibles terremotos<sup>29</sup>. Un billón de bonos catastróficos para terremotos fueron emitidos por el CEA en 1996, siendo el primer bono catastrófico emitido por el gobierno de los Estados Unidos.

---

<sup>27</sup> Zhang, Zakharia, 1998.

<sup>28</sup> Moore, James; *Tail Estimation and Catastrophe Security Pricing – Can we tell what target we hit if we are shooting in the dark?* Paper presented by Financial Institutions Center, Wharton, 99-14.

<sup>29</sup> Stripple 1998.

En México todavía no hay un mercado para estos instrumentos, sin embargo el impacto de desastres naturales en los últimos años ha propiciado la creación de estos instrumentos y su regulación por parte del gobierno mexicano (Diario de la Federación, 23 Mayo 2003).

### **3.3.3 EJEMPLOS DE BONOS CATASTRÓFICOS.**

A continuación se presentan tres ejemplos de bonos catastróficos:

#### *USA Hurricanes Bonds*

USAA es una aseguradora con base en San Antonio, Texas, Estados Unidos que provee productos financieros a oficiales militares de los Estados Unidos. Zolkos<sup>30</sup> describe a USAA como una sobre exposición de riesgos de huracanes contra automóviles y casas de los dueños de todo el Golfo de Estados Unidos de América y costas del Atlántico. Sobre exposición significa que hay más compradores de los esperados. Los reportes de prensa indican que los compradores fueron compañías de seguros, fondos mutualistas, fondos de pensiones y algunos reaseguradores. En Junio de 1997, USAA hizo un contrato por \$477 millones de dólares en bonos con cupones y principal expuesto a riesgo para su reseguradora Residential Re. Así, Residential Re emitió reaseguro para USAA basado en el capital proveniente de la venta de bonos. Los bonos fueron emitidos en dos series, en la primera sólo los cupones están expuestos a riesgos de huracanes y el principal está garantizado. Para la segunda serie, ambos, cupones y principal están en riesgo. Los cupones y el principal no son pagados a los inversionistas si hay pérdidas que excedan a 1 billón de dólares mientras que en la segunda serie los cupones y el principal son perdidos. El negocio fue un éxito para los inversionistas porque el evento no ocurrió y los bonos se vencieron como se esperaba.

Cuando sólo el cupón está en riesgo la tasa de cupones es LIBOR más 2.73%. Si hay catástrofe no se pagan cupones a los tenedores y el principal no es pagado por

---

<sup>30</sup> Cox, Samuel H.; Pedersen, Hal W.; *Catastrophe Risk Bonds*, Paper presented by North American Actuarial Journal, Volume 4, number 4.



los primeros 10 años. En efecto, parte del principal del tenedor es perdido porque cada dólar del principal al vencimiento es remplazado por un dólar 10 años más tarde. Entonces el valor del pago esperado, con sólo un cupón, es equivalente a un pago sencillo en  $K=1$  (primer año):

$$1000(1 + r(0) + .0273)(1 - q) + 1000P(1,11)q$$

donde el valor nominal del bono es de 1000,  $q$  es la probabilidad de que las pérdidas excedan un límite de  $\$10^9$  dólares,  $P(1,11)$  denota el precio al tiempo 1 y los bonos cupón cero dan un pago al tiempo 11;  $P(1,11)$  es aleatorio por lo que existe riesgo financiero relacionado con el riesgo catastrófico. Es decir, el valor del pago esperado es igual al valor nominal del bono, invertido a tasa de cupones LIBOR, por la probabilidad de que las pérdidas generadas no excedan el límite. En caso contrario, si la probabilidad de las pérdidas excede el límite se paga el valor nominal del bono hasta el onceavo año.

### *Winterthur Windstorm Bonds*

Winterthur es la compañía más grande de seguros basada en riesgos contra vientos en Suiza. En Febrero de 1997, Winterthur emitió a tres años bonos con cupones por un valor nominal de 4700 francos suizos y a una tasa de cupones de 2.25%. Si el número de reclamaciones por pérdidas contra vientos durante el periodo de observación excedía a 6000 el cupón del año correspondiente no es pagado, además el bono es convertible a la fecha de vencimiento, cada 4700 francos suizos son convertibles a 5 acciones de Winterthur a la fecha del vencimiento. El flujo del bono depende del número de reclamaciones más que de la ocurrencia de la catástrofe. Sea  $\{N(k)\}$  el número de reclamaciones de vientos por año a 750,000 autos y motocicletas,  $\{S(k)\}$  el proceso estocástico que denota el precio de las acciones de Winterthur y los cupones están en términos del número de reclamaciones. Entonces, el valor del bono es:

$$d(k) = \begin{cases} 4700(0.0225)1_{\{N(k) \leq 6000\}} & k = 1, 2 \\ \max\{5S(3), 4700\} + 4700(0.0225)1_{\{N(3) \leq 6000\}} & k = 3 \end{cases}$$

donde la opción de conversión a fecha de vencimiento a tres años permite al tenedor tomar 5 acciones en lugar del pago esperado.

Sea  $P(N(k) > 6000) = q$ , entonces los cupones esperados estaban condicionados a variables financieras :

$$\bar{d}(1) = \bar{d}(2) = 4700(0.0225(1 - q)) \text{ y}$$
$$\bar{d}(3) = \max\{5S(3), 4700(0.0225)\}(1 - q) + \max\{5S(3), 4700\}q$$

donde  $S(3)$  es aleatorio.

#### *Swiss Re California Earthquake Bonds*

Este contrato es similar al contrato de USAA porque el bono fue emitido para eventos catastróficos. El subyacente del riesgo del temblor es medido por un índice desarrollado por Property Claims Services.<sup>31</sup>

### **3.4 VENTAJAS GENERALES DEL BONO CATASTRÓFICO CONTRA EL REASGURO.**

#### **3.4.1 TIPOS DE RIESGOS A LOS QUE SE ENFRENTAN LOS SISTEMAS DE TRANSFERENCIA DE RIESGOS.**

Los riesgos más comunes a los que se enfrentan los bonos catastróficos y el reaseguro son:

##### **RIESGO DE BASE:**

El riesgo de base se refiere a una correlación imperfecta o desajuste entre las pérdidas actuales causadas por el sistema de transferencia de riesgo contratado y los pagos recibidos por éste.

---

<sup>31</sup> Cox, Samuel H.; Pedersen, Hal W.; *Catastrophe Risk Bonds*, Paper presented by North American Actuarial Journal, Volume 4, number 4.

El reaseguro tradicional de exceso de pérdida tiene riesgo de base igual a cero debido a que hay una relación directa entre la pérdida y el pago entregado por el reasegurador. Un bono catastrófico basado en un índice confiable y no manipulable (por ejemplo las pérdidas agregadas de la industria de aseguradoras, la escala de Richter o de Saffir Simpson, la lluvia en Rangoon durante Agosto) está sujeto a un riesgo de base. El portafolio de pérdidas de los clientes protegidos por el bono catastrófico puede no estar adecuadamente representado por el índice y, por lo tanto, las pérdidas pueden no estar perfectamente correlacionadas con los pagos otorgados por el bono catastrófico.

#### RIESGO MORAL:

El riesgo moral es un riesgo que procede de situaciones en las que el sistema de transferencia de riesgo no puede observar lo que hace su cliente y que ocurre cuando éste omite realizar medidas preventivas después de la firma del contrato.

Como el reaseguro es un contrato de indemnización ligado a las pérdidas específicas del asegurador primario, el riesgo moral se presenta cuando éste tiene menos interés en cuidar la búsqueda de pólizas y el control de reclamaciones pues sabe que sus pérdidas pueden ser transferidas al reasegurador. En comparación al reaseguro tradicional, el bono catastrófico reduce el riesgo moral porque los pagos que otorga se hacen a partir de un cierto valor en el índice negociado que no puede ser controlado ni manipulado

#### RIESGO DE CRÉDITO:

El riesgo de crédito puede definirse como la posibilidad de que la contraparte de un contrato no cumpla con las obligaciones derivadas del mismo, causando por tanto a sus acreedores una pérdida financiera.<sup>32</sup> Los bonos catastróficos reducen el riesgo de crédito porque la cantidad del principal de estos bonos está depositado hasta el tiempo cubierto por el que el bono abarca y los fondos siempre están disponibles, es decir, el riesgo de crédito para este tipo de fondos siempre es cero. En cambio, el

---

<sup>32</sup> Geman, Hélyette; *Insurance and Weather Derivatives, from exotic options to exotic underlyings*; Risk Books, 1999.

reaseguro presenta riesgo de crédito cuando enfrenta reclamaciones potenciales después de pérdidas catastróficas que exceden los recursos de la reaseguradora.

### **3.4.2 VENTAJAS DEL BONO CATASTRÓFICO.**

Entre las limitaciones que ha tenido el reaseguro se encuentran:

- 1) Su precio es difícil de calcular.<sup>33</sup>
- 2) Los costos de transacción son altos.
- 3) Los precios deben estar cargados por el reasegurador independientemente de la disponibilidad a pagar. Una falta de conocimiento acerca de la naturaleza de los riesgos y eventos ha provocado que los aseguradores y reaseguradores cobren primas muy altas.
- 4) Debido a que el reaseguro tradicional requiere de reclamaciones y de un proceso de auditoría que ocurre antes de que el pago sea hecho, la disposición de efectivo de las reclamaciones tiene un retraso de semanas o meses.

Sin embargo, si los reaseguradores han limitado la capacidad de suscripción debido a la cantidad de capital requerida para emitir la cobertura del reaseguro, los bonos catastróficos pueden proveer una alternativa equivalente o más barata para compensar riesgos extremos. Un bono catastrófico requiere que el inversionista ponga dinero, el cual será usado para pagar las reclamaciones o daños si el evento catastrófico sucede. Al igual que el reaseguro, este bono tiene riesgos de retraso y morales. Pero a diferencia, el inversionista recibe una tasa de interés mucho más alta que la normal en periodos donde no ocurre la catástrofe. Además otra ventaja es que el asegurador no enfrenta algún riesgo de crédito porque el dinero para las posibles pérdidas se encuentra activo.

Las reaseguradoras también pueden elegir la compra de bonos catastróficos para reducir su riesgo de crédito. Esta protección reduce la incertidumbre en los

---

<sup>33</sup> Para mayor información consultar: Croson, David C.; Keureuther, Howard C.; Customizing Reinsurance and Cat bonds for Natural Hazard Risks, Paper presented at Conference on Global Change and Catastrophic risk Manegement, 1999.

rendimientos de la aseguradora. Los reaseguradores tendrán incentivos para invertir en diferentes tipos de bonos que aquellos deseados por las aseguradoras; es decir, el interés de los reaseguradores es que haya pérdidas cuando un desastre catastrófico ocurra, mientras que el de los aseguradores es el de protección aún cuando no haya catástrofes. Si el pago del bono al reasegurador está directamente sujeto a sus pérdidas, entonces hay una coordinación de pagos y de riesgos morales pero no de riesgos base porque los pagos están sujetos a un índice general.

Sin embargo, el riesgo de un bono catastrófico no puede ser compensado por un portafolio de bonos tradicionales o de acciones comunes. El hecho de que los riesgos catastróficos no estén relacionados con movimientos en variables económicas es el motivo de un mercado incompleto, lo que ocasiona que no exista portafolio que replique el bono catastrófico.<sup>34</sup> Por otra parte, si se logra desarrollar un mercado secundario para los bonos catastróficos, el mercado de riesgos será más eficiente<sup>35</sup>.

En resumen, para comparar cuál de los dos instrumentos, bonos catastróficos o reaseguro, proveen la mejor cobertura en contra de catástrofes, es necesario hacer notar que:

- 1) El bono catastrófico tiene riesgo base, mientras que el reaseguro tiene riesgo de crédito.
- 2) Los pagos inmediatos del bono comparado a los pagos retrasados del reaseguro.
- 3) El costo de implementar cada medida de protección financiera.
- 4) El costo de cada instrumento.<sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> Cox, Samuel H.; Pedersen, Hal W.; *Catastrophe Risk Bonds*, Paper presented by North American Actuarial Journal, Volume 4, number 4.

<sup>35</sup> Doherty, Neil A.; *Integrated Risk Management*; McGraw-Hill, 2000, pp.593-618

<sup>36</sup> Para mayor información consultar: Croson, David C.; Keureuther, Howard C.; *Customizing Reinsurance and Cat bonds for Natural Hazard Risks*, Paper presented at Conference on Global Change and Catastrophic risk Management, 1999.

## **4. TEORÍA DE CÁLCULO.**

Para calcular el bono catastrófico para terremotos en México, es necesario conocer la frecuencia y severidad con que se presenta el evento. Debido a lo anterior, modelaremos la severidad del evento con regresión lineal y la frecuencia del evento con Proceso Poisson Homogéneo.

### **4.1 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL.**

El análisis de regresión se refiere al estudio de la relación entre una variable llamada dependiente y una o más variables llamadas independientes. Para notación representaremos a  $Y$  como la variable dependiente y  $X$  la independiente. Si hay más de una variable independiente, se denotarán varias  $X$ 's con sus índices apropiados ( $X_1, X_2, X_3$ ). Debe quedar claro que no necesariamente las variables independientes son las causas y la variable dependiente el efecto.

Los objetivos del análisis de regresión son:

- 1) Estimación de la media, varianza y el valor de la variable dependiente dado el valor de las variables independientes.
- 2) Pruebas de hipótesis acerca de la naturaleza de la dependencia.
- 3) Pronosticar o predecir el valor esperado de la variable dependiente, dado el valor de la variable independiente.
- 4) Combinaciones de los puntos anteriores.

Los modelos de regresión lineales son de la forma  $y = \beta_0 + \underline{x}'_i \underline{\beta} + \varepsilon_i$ , en el cual los elementos de  $\varepsilon_i$  se suponen ser independientes e idénticamente distribuidos con distribución Normal  $N(0, \sigma^2)$ . En este modelo las  $y_i$  y las  $\varepsilon_i$  son variables aleatorias. Las  $\varepsilon_i$  son las desviaciones de las observaciones con respecto a la media condicional. Las variables independientes  $x_i$  no están correlacionadas con el error  $\varepsilon_i$ . Sin embargo, si las variables  $x_i$  no son estocásticas (es decir, su valor es un número fijo) este supuesto es automáticamente satisfecho.

La media de los errores  $\varepsilon_i$  es cero, esto es  $E[\varepsilon_i]=0$ .

La varianza de cada  $\varepsilon_i$  es constante e igual, ésto es  $\text{var}[\varepsilon_i]=\sigma^2$ . Además no existe correlación entre los errores  $\varepsilon_i$ , es decir,  $\text{Cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j)=0$   $i \neq j$ .

Un modelo de regresión con más de una variable explicativa es conocida como modelo de regresión múltiple.

Para medir la bondad de ajuste del modelo de regresión se utiliza a menudo el coeficiente de determinación,  $R^2$  que nos indica el porcentaje de la variabilidad total de la variable dependiente explicada por el modelo. Sabemos que:

$$Y_i = \hat{Y}_i + e_i$$

Que en términos simples significa que la variación del valor esperado de  $Y_i$  es igual a la variación entre el valor esperado de  $Y_i$  explicado más una variación no explicada. Entonces:

$$(Y_i - \bar{Y}) = (\hat{Y}_i - \bar{Y}) + (Y_i - \hat{Y}_i) \Rightarrow y_i = \hat{y}_i + e_i \quad \text{si} \quad y_i = (Y_i - \bar{Y})$$

Haciendo la suma sobre las  $y_i$  tenemos que:

$\sum y_i^2 = \sum \hat{y}_i^2 + \sum e_i^2$ , que quiere decir que la suma total de cuadrados es igual a la suma de cuadrados explicados más la suma de los cuadrados de los residuales.

Si a todo lo dividimos por  $\sum y_i^2$  tenemos que:

$$1 = \frac{\sum \hat{y}_i^2}{\sum y_i^2} + \frac{\sum e_i^2}{\sum y_i^2};$$

entonces el coeficiente de determinación se define como:

$$R^2 = \frac{\sum \hat{y}_i^2}{\sum y_i^2}$$

Con  $0 \leq R^2 \leq 1$ . Un valor  $R^2=1$ , significa que es una ajuste perfecto, es decir,  $Y_i = \beta_0 + \underline{x}'_i \underline{\beta}$  para  $i=1, \dots, n$ .

#### 4.1.1 PREDICCIÓN DE Y CUANDO LA VARIABLE DEPENDIENTE ES $\ln(Y)$

Cuando en el modelo de regresión lineal la variable dependiente es logarítmica, es decir:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \underline{x}'_i \underline{\beta}_i + \varepsilon_i$$

la predicción de  $y$  se calcula de manera distinta a la usualmente utilizada porque depende realmente de la normalidad del término de error,  $\varepsilon_i$ . Para obtener una predicción que no descansa en la normalidad, si se supone al término de error  $\varepsilon_i$  como independiente de las variables explicativas, se tiene que:

$$E(y | x) = \alpha_0 \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k)$$

en donde  $\alpha_0$  es el valor esperado de  $\exp(\varepsilon_i)$ , lo cual debe ser mayor que la unidad.

Dado un estimador de  $\hat{\alpha}_0$ , se puede pronosticar  $y$  como:

$$\hat{y} = \hat{\alpha}_0 \exp(\hat{\ln} y)$$

Resulta que se obtiene un estimador consistente de  $\hat{\alpha}_0$ .

Finalmente el método que se sigue para predecir  $y$  cuando la variable dependiente es  $\ln(y)$  es<sup>37</sup>:

- 1) Obtener los valores ajustados  $\hat{\ln} y_i$  de la regresión de  $\ln(y)$  sobre  $x_1, x_2, \dots, x_k$ .
- 2) Para cada observación  $i$ , generar  $\hat{m}_i = \exp(\hat{\ln} y_i)$ .
- 3) Hacer la regresión de  $y$  sólo sobre la variable  $\hat{m}$  sin intercepción; es decir, una regresión simple al origen. El coeficiente de  $\hat{m}$  es el estimador de  $\hat{\alpha}_0$ .
- 4) Obtener la predicción  $\hat{y} = \hat{\alpha}_0 \exp(\hat{\ln} y)$ .

#### 4.2 SELECCIÓN DEL MODELO.

En el caso de regresión lineal es importante establecer una estrategia de selección de modelos para eliminar variables independientes no significativas. En este trabajo se utilizó la siguiente estrategia que consta de los siguientes pasos:

- 1) Se ajusta el modelo que incluye todas las variables independientes consideradas.

---

<sup>37</sup> Wooldridge, J.W., Introducción a la Econometría: Un Enfoque Moderno, Thomson Learning, 2001, pp.202-204.



- 2) Se elimina la variable con el valor-p más alto y superior al 5% por ser no significativa.
- 3) Se repite i) y ii) hasta que no sea posible eliminar alguna variable porque todas son significativas.

#### 4.2.1 CRITERIO DE INFORMACIÓN BAYESIANO (BIC).

El Criterio de Información Bayesiano (Bayesian Information Criterion (BIC)) es un estadístico para identificar el mejor modelo dentro de un conjunto de modelos considerados. Para modelos de regresión lineal múltiple, el BIC se define como<sup>38</sup>:

$$BIC = n^{\frac{p}{n}} * \left(\frac{n-p}{n}\right) * s^2$$

donde p= número de parámetros ( $\beta$ )

n= número de observaciones.

s= (error típico)<sup>2</sup>

Dentro de el conjunto de modelos considerados, el mejor modelo es aquél que tiene el mínimo BIC.

#### 4.3 PROCESO POISSON HOMOGÉNEO.

Un proceso continuo  $\{N(t), t > 0\}$  es llamado Proceso de Poisson con tasa de ocurrencia  $\lambda$ , con  $\lambda > 0$ , si satisface lo siguiente:

- i)  $N(0)=0$ .
- ii) El proceso tiene incrementos,  $N(t + \Delta t) - N(t)$ , independientes.
- iii) El número de eventos en un intervalo de longitud  $t$  se distribuye Poisson con media  $\lambda t$ . Esto es, para toda s,  $t \geq 0$

$$P\{N(t+s) - N(s) = n\} = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!}, \quad n=0, 1, \dots$$

<sup>38</sup> Diebold, F.X., Elementos de Pronóstico. International Thomson Editores (1999), pp.71-76.

Si se satisface la condición iii) entonces el proceso Poisson tiene incrementos estacionarios y  $E[N(t)] = \lambda t$ .

#### **4.4 VARIABLES.**

Como ya se había visto en el capítulo 2 son varias las variables que influyen en el valor de los daños materiales causados por un sismo. Se consideró a la magnitud y a la profundidad del sismo como variables más importantes porque estudios científicamente comprobados demuestran que son las variables que tienen mayor impacto en los daños causados por un sismo<sup>39</sup>.

##### **4.4.1 MAGNITUD.**

Las magnitudes (Mag) están basadas en ondas superficiales (Ms), pero por costumbre de nombre usaremos "Richter" para identificarla. La magnitud sísmica más alta registrada en el territorio nacional ha sido de 8.2 grados Richter el 3 de Junio de 1932 en Colima Jalisco. El terremoto del 18 de Septiembre de 1985 tuvo una magnitud de 8.1. Un total de 936 temblores mayores a 5 grados Richter, se encontraron en la base de datos proporcionada por el Sistema Sismológico Nacional. En la Fig.5 se grafica las magnitudes de los sismos ocurridos en México de 1900 a 2000 y cuya magnitud fue superior a los 6 grados Richter.

---

<sup>39</sup> Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México, Atlas Nacional de Riesgos de la Republica Mexicana, 2001, CENAPRED.  
Lugo, José; Hubp/Moshe, Inbar, Desastres Naturales en América Latina, Compiladores Fondo Cultura Económica

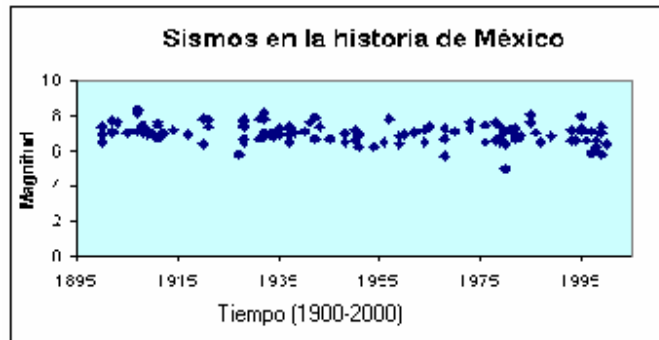


FIG. 5. Sismos en la historia de México.  
Fuente: Cálculos propios.

Como información adicional, en la Fig.6 se grafica la temporada del año en la que ocurren más sismos, cabe mencionar, que este cálculo es poco significativo debido a la incertidumbre de ocurrencia de los sismos.



FIG. 6. Temporada del año en que ocurren mas sismos.  
Fuente: Cálculos propios.

#### 4.4.2 PROFUNDIDAD DEL EPICENTRO.

La profundidad más grande que se ha registrado en la historia de los sismos en México ha sido de 334 kilómetros. La profundidad promedio es de 37.8 km. Fuentes entrevistadas<sup>40</sup> aseguran que un sismo tiene mayor impacto catastrófico cuando la profundidad de éste es pequeña sin importar la magnitud que registre. Es decir, la profundidad es inversamente proporcional al daño causado, contrariamente a lo que

<sup>40</sup> Entrevista Personal: M.C. Carlos A. Gutiérrez Martínez. Subdirector de Riesgos Sísmicos, CENAPRED.

se cree. Un sismo de 10 kilómetros de profundidad con magnitud Richter de 6.5 puede ser más destructivo que un sismo que registre 30 kilómetros de profundidad y la misma magnitud. En la Fig. 7 se representa las profundidades de los sismos ocurridos en México de 1900 a 2000.

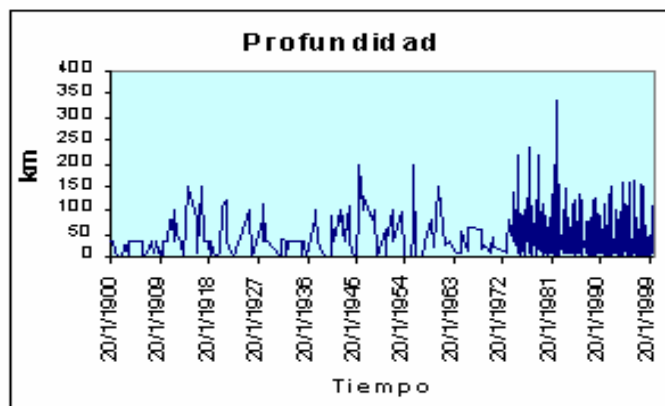


FIG. 7. Profundidad en la historia de los sismos en México  
Fuente: Cálculos propios.

En la siguiente tabla se presentan datos de la magnitud y profundidad de los sismos ocurridos en México de 1900 a 2000<sup>41</sup>.

Prof max	334km
Prof min	0km
Prof promedio	37.87 km
Magnitud max	8.20
Magnitud min	4.10
Magnitud promedio	5.61

TABLA 4. Algunos datos de las variable más importantes para la creación del bono catastrófico.  
Fuente: Cálculos propios.

#### 4.4.3 LONGITUD DEL EPICENTRO.

La longitud del epicentro (long) está definida como positiva(+) para el Este y negativa(-) para el Oeste. La longitud más alta registrada para sismos durante el periodo 1900-2000 fue de -72.6 grados, con una mínima de -115.5 grados y una

<sup>41</sup>Cálculos hechos sobre la base de datos construida.

latitud promedio de  $-99.64$  grados. La siguiente figura representa la longitud de los sismos ocurridos en México de 1900-2000.

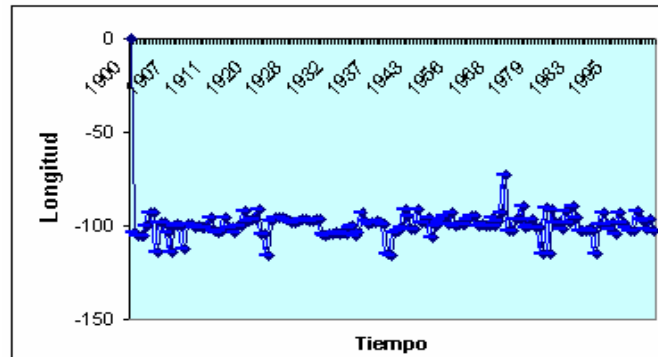


FIG 8. Longitud en la historia de los sismos en México.  
Fuente: Cálculos Propios.

#### 4.4.4 LATITUD DEL EPICENTRO.

La latitud del epicentro (lat) está definida como positiva(+) para el Norte y negativa (-) para el Sur. La latitud máxima encontrada de los sismos del siglo pasado fue de 33.08 grados, una latitud mínima de 13.36 grados y una latitud promedio de 17.92 grados. La Fig. 9 presenta la latitud de los sismos ocurridos en México de 1900 a 2000.

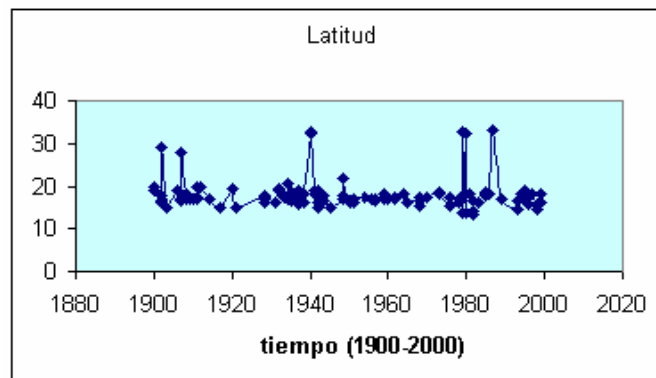


FIG. 9. Latitud en la historia de los sismos en México.  
Fuente: Cálculos Propios.

#### 4.4.5 DAÑOS.

Los daños materiales ocasionados por un sismo son medidos en dólares. El desastre en millones de dólares se basa en el valor del dólar en el tiempo en que ocurrió el evento pero se hace un ajuste por inflación a dólares de 1990. Esta

variable depende de la profundidad y magnitud del sismo. A menor profundidad y mayor magnitud, mayor es el daño material ocasionado. Asimismo se relaciona a la variable daños con la población porque su relación es directamente proporcional; es decir, ante una amenaza de sismo la cantidad de daños depende del tamaño de la población del lugar en donde ocurra el desastre. Los daños y población están en términos del año 1990. La Fig.10 presenta los daños materiales ocasionados por los sismos ocurridos en México durante 1900-2000.

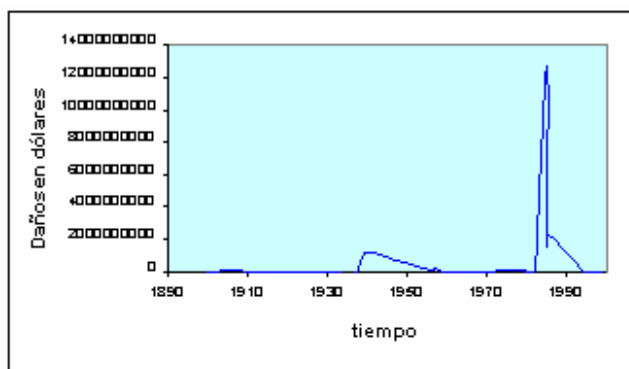


FIG. 10. Daños económicos ocasionados por sismos en México.  
Fuente: Cálculos Propios.

Es importante notar que los estados con mayor ocurrencia de sismos son Colima, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, DF, Puebla, Veracruz. (Véase la Fig.11).

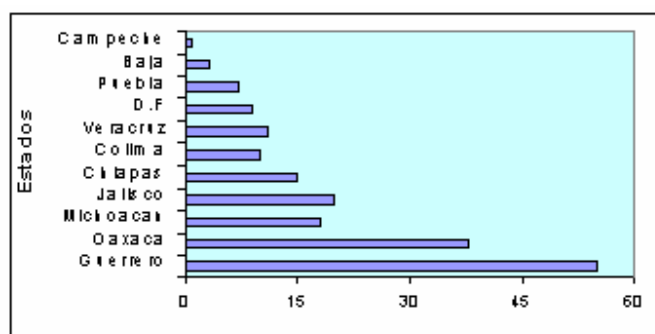


FIG. 11. Estados que presentan alta sismicidad.  
Fuente: Cálculos Propios.

#### **4.5 MODELOS USADOS PARA EL CÁLCULO DE BONOS CATASTRÓFICOS.**

Debido a la novedad de los bonos catastróficos en el mercado son varios los métodos para su cálculo:

##### **4.5.1 FUTUROS CATASTRÓFICOS.**

Un futuro es un acuerdo entre 2 partes para hacer un intercambio en una fecha futura. El principal problema del diseño de este instrumento es la construcción del subyacente. Por esta razón, se creó la unión de razones de pérdidas de la industria (pérdidas sobre primas) para definir el subyacente y así construir varios tipos de derivados. Si la fecha de vencimiento es T y el valor nominal de \$25,000, entonces el valor establecido para el futuro catastrófico será:

$$V(T) = \$25000 * \min(S_p(T)/P_p(T), 2)$$

Donde  $S_p(T)$  se refiere al proceso de pérdida y  $P_p(T)$  las primas que cubren las pérdidas sobre el periodo  $[0, T]$  La construcción de  $S_p(T)$  es una clara distinción que tiene que ser hecha entre las pérdidas actuales y las reservadas y entre las fechas de ocurrencia contra las fechas establecidas de las reclamaciones.

Sea  $X_n$  las reclamaciones individuales, independientes e idénticamente distribuidas, no negativas, independientes del número de reclamaciones  $N(t)$  ocurridas durante el tiempo t. Suponemos que  $N(t)$  se distribuye Poisson . Entonces:

$$S(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} X_i, \text{ con } t > 0$$

Para el cálculo de futuros se puede usar la teoría de no arbitraje, donde el valor  $V(t)$  a tiempo t de una reclamación contingente es igual a:

$$V(t) = E[e^{-r(T-t)}V(T) | F_t] \quad 0 < t < T$$

donde  $r$  es la tasa libre de riesgo y  $F_t$  describe la información del evento disponible al tiempo  $t$ . Debido a los saltos aleatorios correspondientes de las reclamaciones individuales, el mercado basado en  $(S(T))$  es incompleto.<sup>42</sup>

Sin embargo, estos contratos no han tenido éxito por varias razones:

- 1) La diferencia de tiempo: Los futuros están basados en periodos de reclamaciones de 3 meses contra contratos de 1 año en la industria del reaseguro.
- 2) La información de los precios es lenta e incompleta.
- 3) Adversidad al riesgo y riesgo moral.
- 4) Contrapartes que constituyen el mercado secundario. ¿Quién vende estos futuros?

Ante las deficiencias de los futuros, las opciones se negociaron mejor, especialmente las opciones call spread, donde el asegurador debe aparecer de los dos lados de las transacciones, como comprador y vendedor. Hoy en día, estos instrumentos financieros participan en la mitigación de los riesgos.

#### **4.5.2 MÉTODOS PARA CALCULAR BONOS CATASTRÓFICOS.**

Algunos métodos utilizados para el cálculo de bonos catastróficos son:

- 1) Uso de un proceso de acumulación de pérdida, un umbral de pérdida y un proceso previsible de intensidad.
- 2) Creación de un fondo para posibles pérdidas vendiendo un reaseguro federal de exceso de pérdidas.<sup>43</sup>
- 3) Dinámica de tasas de interés y estimación de probabilidades de ocurrencia de catástrofes. Así como estimación de probabilidades de aversión al riesgo

---

<sup>42</sup> Riess, R.D; M., Thomas; *Statistical Analysis of extreme values from Insurance, Finance, Hidrology and other fields*. Birkhäuser Verlag, 1997.

<sup>43</sup> Moore, James; *Tail Estimation and Catastrophe Security Pricing – Can we tell what target we hit if we are shooting in the dark?* Paper presented by Financial Institutions Center, Wharton, 99-14.



y tasas de interés libres de arbitraje, usando un proceso de consumo agregado.<sup>44</sup>

A continuación se hace la descripción de algunos de los métodos para el cálculo del bono catastrófico. Algunos modelos asumen la tasa en la que ocurre la catástrofe, el impacto de su ocurrencia, la región especificada, el tipo de evento, el tipo de propiedad sujeta de catástrofe, etc.

#### 4.5.2.1 Uso de un proceso de acumulación de pérdida, un umbral de pérdida y un proceso previsible de intensidad.<sup>45</sup>

Sea  $L_s$  el proceso acumulado de pérdida y  $D$  el umbral de pérdida.

Supuestos:

1. Existe un Proceso Poisson con tasa de ocurrencia  $m_s$ , que describe el flujo de los eventos naturales dada una región especificada en el bono. Donde los instantes del potencial del evento catastrófico son denotados como  $0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_i \leq \dots \leq T$
2. Las pérdidas incurridas para cada evento en el flujo  $\{t_i\}$   $i=1, \dots$  se suponen independientes, idénticamente distribuidas a valores  $\{X_i\}$  con  $i=1, \dots$  y con función de distribución  $F(x)=P\{X_i \leq x\}$ .

Entonces:  $L_t = \sum_{i=1}^{N(t)} X_i$   $t_i < t$ ,  $L$  es una variable aleatoria continua por la izquierda.

Se supone la ocurrencia del evento como el tiempo cuando las pérdidas acumuladas exceden el nivel del umbral  $D$ , esto es  $T^* = \inf \{t: L_t \geq D\}$  en donde  $N_{T^*} = 1\{L_t \geq D\}$ . Considerando al bono catastrófico como un Bono Umbral, la intensidad estocástica para un Proceso Poisson  $N_{T^*}$  es igual a:

$$\lambda_s = m_s(1 - F(D - L_s))I\{L_s < D\}$$

<sup>44</sup> Cox, Samuel H.; Pedersen, Hal W.; *Catastrophe Risk Bonds*, Paper presented by North American Actuarial Journal, Volume 4, number 4.

<sup>45</sup> Baryshnikov, Yu; A. Mayo, D.R Taylor; *Pricing of CAT bonds*, Paper presented in JSTOR, October 22, 1998.

El lector interesado en la demostración de este resultado puede consultar <sup>36</sup>.

Entonces el precio de un bono catastrófico con umbral  $D$ , con intensidad de ocurrencia del evento catastrófico  $m_s$  y función de distribución de pérdidas incurridas  $F$ , está dado por:

$$V_t = E\left(\int_t^T \exp(-R(t,s)) C_s (1-F(D-L_s)) I_{\{L_s < D\}} m_s ds \mid F_t\right)$$

Donde  $C_s$  es el proceso de pago y  $r$  la tasa de descuento.

Sin embargo, bajo el supuesto de que la tasa de ocurrencia del evento  $m_s$  es una variable no aleatoria  $m(s)$  y de que depende del estado de la naturaleza, se supone que el proceso de pérdidas acumuladas se convierte en un proceso de Markov  $L_s$  y todas las condiciones con respecto a  $F_t$ , reducidas a la condición con respecto a  $L_t$ .

$$V_t = E\left(\int_t^T \exp(-R(t,s)) C(s) \lambda_s ds \mid L_t = L\right)$$

Describen el precio del Bono Catastrófico asociado a un pago  $C(s)$ , con umbral  $D$  y tiempo de vencimiento  $T$ , a tiempo  $t$ , dado el valor acumulado de la pérdida  $L_t < D$ .

Por otra parte, las variaciones de los pagos en un bono que depende del umbral son:

- 1) Pago de una cantidad cierta  $Z$  a fecha de vencimiento  $T$  contingente al tiempo de ocurrencia del evento  $\tau > T$ .
- 2) Pago de cupones el cual se detiene instantáneamente en  $\tau$ .

*1) Pagos variables a fecha de vencimiento:*

Definamos el proceso  $Z_s = E(Z \mid F_s)$  como el pago de una cantidad cierta  $Z$ , a fecha de vencimiento  $T$  contingente al tiempo de ocurrencia del evento  $\tau > T$ . La condición requerida es que  $Z_s$  es un proceso previsible, ésto puede interpretarse como el supuesto de que el pago a fecha de vencimiento no está directamente vinculado a la ocurrencia del umbral. Entonces el precio del bono, que paga  $Z$  a fecha de vencimiento ( $\tau > T$ ) a tiempo  $\tau < T$  está dada por:

$$V_t = E((1 - N_T) Z \exp(-R(t, T)) | F_t)$$

y al escribir a  $N_T$  como  $\int_t^T dN_s$  obtenemos:

$$V_t = E( Z_t \exp(-R(t, T)) - \int_t^T Z_s \exp(-R(t, s)) dN_s | F_t )^{46}$$

## 2) Pago de cupones:

Para el caso de pago de cupones en el bono, también supondremos un proceso previsible  $P_s$ . El pago de cupones cesa a tiempo del umbral  $\tau$ .

$$V_t = E(\int_t^T \exp(-R(t, s)) P_s (1 - N_s) ds | F_t)$$

Al integrar por partes:

$$V_t = E( (1 - N_s) Q_t + \int_t^T \exp(-R(t, s)) Q_s dN_s | F_t)$$

Donde  $Q_s$  es proceso previsible que reduce el pago de cupones a un bono umbral estándar:

$$Q_s = \int_t^s \exp(-R(\xi, s)) P_\xi d\xi$$

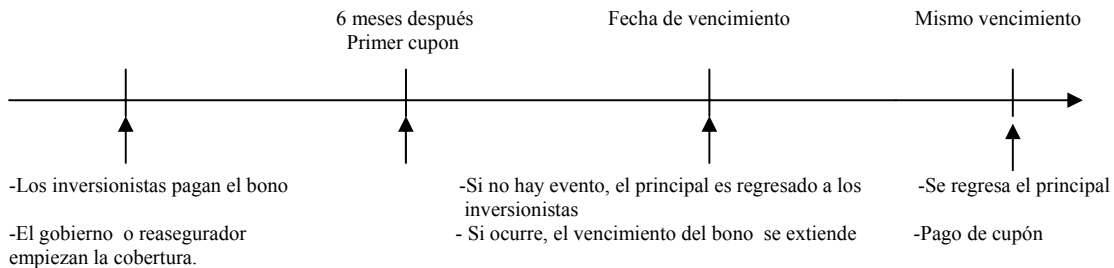


FIG. 12. Diagrama de pago de cupones del Bono Catastrófico.

Fuente: Cálculos Propios.

### 4.5.2.2 Creación de un fondo para posibles pérdidas vendiendo un reaseguro federal de exceso de pérdidas.

Lewis y Murdock(1996)<sup>47</sup> propusieron un fondo para posibles pérdidas vendiendo un reaseguro federal de exceso de pérdidas que Inraría que las pólizas vendidas

<sup>46</sup> Barton, C. Amd Nishenko, S.; *Natural Disaster. Forecasting Economic and Life Losses*, USGS special report, August 1994.

cubrieran las pérdidas ocasionadas por desastres. Cummins, Lewis, y Phillips (1996) ampliaron este análisis valuando bonos de tesorería para tal seguro de exceso de pérdida, pero con un precio derivado de medidas paramétricas de datos de catástrofes anteriores ajustados por inflación.

Lewis y Murdock<sup>48</sup> usaron la siguiente metodología para estimar un modelo paramétrico para títulos de catástrofes:

1. Obtener los estimadores máximo verosímiles de la distribución que se desee ajustar.
2. Usar técnicas de muestreo para perturbar los parámetros de la distribución escogida.
3. De la distribución estimada simular pagos.
4. Usar simulaciones para calcular valores esperados y errores.
5. Repetir el proceso para títulos similares, así como las distribuciones.
6. Usar estadísticas-t para los valores esperados y los errores estándar.
7. Tratar de caracterizar la distribución empírica.

El diseño del fondo se basa en una razón de pérdida (razón de pérdidas de catástrofes en un periodo dividido entre la suma de las primas ganadas en años anteriores)

Para el ajuste de la razón de pérdida histórica, 3 contratos son modelados:

- 1) Una opción Cat call, o contrato de exceso de pérdida, con un nivel de ocurrencia del 25% de la razón de pérdida histórica (AHLR's) y una esperanza condicional del valor en la cola del punto ocurrido. El pago asociado con el contrato es:  $[\text{Razón de Pérdida}-25\%]^+ * \text{Primas ganadas}$ , donde  $[x]^+$  es el max de  $(x,0)$ .

---

<sup>47</sup> Moore, James; *Tail Estimation and Catastrophe Security Pricing – Can we tell what target we hit if we are shooting in the dark?* Paper presented by Financial Institutions Center, Wharton,99-14.

<sup>48</sup> Moore, James; *Tail Estimation and Catastrophe Security Pricing – Can we tell what target we hit if we are shooting in the dark?* Paper presented by Financial Institutions Center, Wharton,99-14.

- 2) Un Cat call spread o una capa de exceso de pérdida que se extiende desde un 25% hasta un 50% de ocurrencia del AHLR's. El pago es  $\{[\text{Razón de pérdida}-25\%]^+ - [\text{Razón de pérdida} -50\%]^+\} * \text{primas ganadas}$ . Este instrumento es similar a un reaseguro catastrófico.
- 3) Un *knock in catastrophe call* con una ocurrencia de 30% del AHRL, con pago similar al primer instrumento pero paga sólo si la pérdida excede el 30 % de AHRL ,o  $\{[\text{Razón de pérdida}-25\%]^+ | Lr >30\% \} * \text{Primas ganadas}$ .

Un método para medir una distribución particular es con la media estimada del exceso de pérdida y una forma para caracterizar las pérdidas esperadas es calculando un spread a tasa de interés libre de riesgo. El spread, es la cantidad de interés adicional necesario para compensar al poseedor del título tal que:

$$W_t(1+r) = \int_0^{\underline{A}} W_t(1+r+s)f(L)dL + \int_{\underline{A}}^{\bar{A}} W_t(1+r+s)f(L)dL$$

Donde r representa la tasa de interés libre de riesgo, L las pérdidas ocurridas en el evento, f(L) es la función distribución posterior,  $(\underline{A}, \bar{A})$  es el intervalo sobre el cual ocurre el evento que causa pérdida parcial en el bono. Arriba de  $\bar{A}$ , el evento de pérdida es tal que hay una pérdida completa en el título.

La ecuación de arriba puede ser escrita en términos del spread como:

$$s = (1+r) \left[ \left\{ F(\underline{K}) + \int_{\underline{A}}^{\bar{A}} \frac{L-\underline{A}}{\bar{A}-\underline{A}} f(L)dL \right\}^{-1} - 1 \right]$$

Un argumento en contra del tamaño del spread puede ser simplemente el riesgo asociado con los bonos y sujeto a las pérdidas potenciales. Si el riesgo del bono catastrófico no está relacionado con los movimientos de mercado entonces sus ganancias no serán afectadas cuando hay desplome de las acciones o de este tipo de instrumentos.

#### 4.5.2.3 Dinámica de tasas de interés y estimación de probabilidades de ocurrencia de catástrofes.<sup>49</sup>

El bono acuerda pagar una cantidad fija  $L$  al final del periodo si un evento catastrófico ocurre.  $L$  es conocida cuando el bono es emitido. Si  $q_{cat}$  denota la probabilidad de un evento catastrófico y  $P$  es el precio del bono, entonces el valor del bono es:

$$P = \frac{1}{1+r} q_{cat} L$$

Donde  $r$  es la tasa de interés del periodo efectivo. Esto define la correspondencia uno a uno entre precios del bono y la probabilidad de catástrofe.

Los bonos empiezan pagando tasa libre de riesgo por periodo y continúan pagándolo hasta el fin del contrato ( $T$ ), con un pago final de  $1+r$  por si no ocurre la catástrofe. Si una catástrofe ocurre durante el periodo de pago, el bono paga una fracción de pago de cupón y un repago fraccional del principal en ese periodo. La fracción es  $f$ , entonces el pago del cupón hecho al final del periodo en el cual la catástrofe ocurre es igual a  $f(1+c)$ .

El gobierno no tendrá clientes al menos que pueda convencerlos de que tienen un capital seguro al menos o igual a " $L$ ". Para obtener capital antes de vender el bono, el gobierno presta dinero emitiendo bonos default, es decir junk bonds, que dan altos rendimientos. El gobierno emite suficientes bonos para crecer el efectivo  $C$ , determinado así que:

$$(P+C)(1+r)=L$$

Esto satisface al cliente del bono. Los compradores del bono saben que el bono catastrófico no valdrá nada si hay una catástrofe, en ese caso no obtienen nada o parte de su capital inicial invertido; si no hay catástrofe ellos obtienen el regreso de

---

<sup>49</sup> Cox, Samuel H.; Pedersen, Hal W.; *Catastrophe Risk Bonds*, Paper presented by North American Actuarial Journal, Volume 4, number 4.

su efectivo más un cupón  $R = L - C$ . Entonces el precio por unidad puede ser escrito de la siguiente forma:

$$\frac{1}{1+r}(1+c)(1-q_{cat}) = 1$$

Suponiendo que no hay variación en la severidad y usando la teoría del libre arbitraje, se supone una medida de aversión al riesgo  $Q$ . Se dice que el precio de flujo de efectivo al tiempo cero está dado por:

$$E^q \left[ \sum_{k=1}^T \frac{1}{[1+r(0)][1+r(1)] \dots [1+r(k-1)]} c(k) \right] \quad (1)$$

donde  $r(k)$ , con  $k=1 \dots T-1$  es un proceso estocástico de un periodo de tasas de interés. Sea  $\tau$  el tiempo de primer ocurrencia de la catástrofe, entonces el flujo de efectivo de un bono catastrófico con cupones y principal en riesgo que se da a un tenedor de bonos es igual a:

$$c(k) = \begin{cases} c1_{\{\tau > k\}} + f(c+1)1_{\{\tau = k\}} & k = 1, 2, \dots, T-1 \\ (c+1)1_{\{\tau > T\}} + f(c+1)1_{\{\tau = T\}} & k = T \end{cases}$$

Si sólo son los cupones los que están en riesgo entonces se reemplaza  $f(c+1)$  por  $fc$ . Por otra parte, si suponemos que la transacción de bonos se da en un mercado libre de arbitraje y bajo una probabilidad neutral de riesgo, se tiene que:

$$c \sum_{k=1}^T P(k)Q(\tau > T) + P(T)Q(\tau > T) + f(1+c) \sum_{k=1}^T P(k)Q(\tau = k), \quad (2)$$

Finalmente si despejamos obtenemos la tasa de cupón :

$$c = \frac{1 - P(T)Q(\tau > T) - f \sum_{k=1}^T P(k)Q(\tau = k)}{\sum_{k=1}^T P(k)Q(\tau > k) + f \sum_{k=1}^T P(k)Q(\tau = k)}$$

Debido a que el bono no puede replicarse por otro portafolio se crea un mercado incompleto y por consiguiente el bono no puede calcularse de la ecuación (2). Ante el problema de mercados incompletos se acostumbra usar funciones de utilidad unidas a un proceso de consumo agregado. El consumo agregado es el consumo total disponible en la economía en un tiempo y estado determinado. Así se tiene que el valor de un flujo de efectivo futuro es:

$$V(d) = E^p \left[ \sum_{k=1}^T \frac{u'_k(C(k))}{u'_0(C(0))} d(k) \right]$$

donde  $C(w,k)$  es la cantidad de bienes consumidos en el estado  $w$  a tiempo  $k$ ,  $u_0, \dots, u_k$  es la utilidad esperada de un proceso de consumo  $C(k)$ ,  $d$  es un proceso de flujos de efectivo. Igualando con la formula (1) y teniendo un periodo de tasas de interés como  $r(k)$ , con  $k=0,1, \dots, T-1$  se obtiene que :

$$r(k) = \left[ E^p \left[ \frac{u'_{k+1}(C(k+1))}{u'_k(C(k))} \right]_w \right]^{-1} - 1$$



## **5. ESTIMACIÓN DEL BONO CATASTRÓFICO EN MÉXICO.**

En este capítulo, a partir de las herramientas anteriores, se calcula el valor del bono catastrófico para terremotos en México. Se construyó una base de datos de terremotos y a partir de esta información se realiza el modelaje de los daños causados por terremotos en México. La severidad del terremoto se modeló con regresión lineal y la frecuencia con un Proceso Poisson Homogéneo. Finalmente se construye el bono con ayuda de valores presentes actuariales y se calculan las tasas de interés que logran que el bono funcione y convenga.

### **5.1 ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL.**

#### **5.1.1 CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE DATOS.**

Debido a la falta de información de daños materiales y humanos causados por los sismos en la República Mexicana se tuvo que recolectar la información. Esta recolección se basó a partir del registro de temblores que tiene el Sistema Sismológico Nacional (SSN), institución que posee la información más fidedigna acerca de sismicidad en México.

Para la obtención de la base de datos se recurrió a varias fuentes: Centro Nacional de Previsión de Desastres (CENAPRED); Sistema Sismológico Nacional (SSN); Internet: Universidad de Louvain, Bélgica; National Geophysical Data Center (NGDC) of the United States of America; Periódico El Universal y diferentes publicaciones sobre el tema. Debido a que muchos de los datos fueron medidos subjetivamente el modelo a probar cuenta con un margen de error significativo.

A continuación se comentarán los pasos que se siguieron a fin de obtener la base de datos de daños económicos, materiales y humanos causados por sismos en México:

El SSN proporcionó las fechas de los sismos en México a partir de 1900 a la fecha, así como la longitud, latitud y profundidad del epicentro y, magnitud del sismo. El

CENAPRED otorgó algunos datos de los sismos más importantes de 1900 a la fecha.

Junto con el CENAPRED y otras dos bases de datos obtenidas de internet: una de la Universidad Católica de Louvain en Bélgica y la otra por NGDC se logró obtener los datos de los sismos de este siglo. La base de datos es una base que contiene a los sismos en México desde 1900 al 2000. La información fue proporcionada por fuentes académicas y científicas, regionales y de catálogos mundiales. Los sismos que se estudiaron son de magnitud mayor a 5 grados Richter. Eventos antes de 1912 no fueron localizados instrumentalmente, debido a que no existía alguna institución encargada de medir objetivamente los sismos (el SSN funciona a partir de 1912).

La descripción de los datos se distribuye de la siguiente manera: Año, Mes, Fecha, Hora, Minuto, Latitud, Longitud, Profundidad (Km), Magnitud, Intensidad, Número de muertes, Desastre en muertes, Daños en millones de dólares, Desastre de daño, Tsunami asociado, Localización, fuente de obtención, heridos, lesionados, afectados, damnificados, edificios destruidos, casas destruidas, casas dañadas, donación y porcentaje de destrucción de casas.

La fecha y tiempo son dados en coordenadas de tiempos universales. La localización es dada con base a la latitud y longitud de la localidad donde ocurrió el epicentro; la localización geográfica es sólo una aproximación. Primero se define el estado y después la o las ciudades donde el daño fue reportado. La profundidad del terremoto es dada en kilómetros. Las magnitudes (Mag) están basadas en ondas superficiales (Ms). La Intensidad es medida en la escala de Mercalli y es dada en números romanos. Cuando un tsunami fue generado por el terremoto, un "1" aparece en la columna de Tsunamis asociados.

Muchas de las muertes no son registradas, pero cuando existen es porque hay una referencia que las sostiene. Cuando no hay un registro de muertes, el desastre de

muerres se basa en una lista ordinal (1= Pocos, 2= algunos, 3= muchos) porque muchas veces en la literatura y periódicos consultados en lugar de encontrar un número de muerres, se encontraba el valor subjetivo correspondiente a:

- 1= Pocos muerres (correspondiente de 1 a 50 muerres),
- 2= Algunos muerres (de 51 a 100 muerres) y
- 3= Muchos muerres (más de 101 muerres).

El desastre en dólares se basa en el valor del dólar en el tiempo en que ocurrió el evento. Sin embargo en muchos eventos no se ofrecía una valuación cuantitativa del daño, por lo que se realizó una tabla de equivalencias de los términos subjetivos que se proporcionaban (todo a dólares de 1990)

- 1= Limitado (menos de \$1 millón),
- 2= Moderado ( de \$1 a \$5 millones),
- 3= Severo ( de \$5 a \$25 millones) y
- 4= Extremo (arriba de \$25 millones o más).

En muchos registros, solamente una sola descripción fue disponible. Estos términos fueron usados para cuantificar el daño observado. A causa de falta de información, LIMITADO es considerado como sinónimo de leve y pequeño; SEVERO como grande, extensivo y pesado y EXTREMO como catastrófico.

Se aplicaron factores de ajustes de inflación y tipos de cambio para traer los daños y las muerres al año de 1990 ya que estaban medidos en años corrientes. Para el ajuste de muerres, se investigó el total de habitantes por entidad federativa en los Censos de Población y Vivienda que se realizan cada 10 años<sup>50</sup>, en algunos casos se obtuvo el total de habitantes por cada 5 años (por ejemplo:1885, 1995) A partir de esto se calculó la tasa de crecimiento geométrico que hubo entre cada decenio:

---

<sup>50</sup> [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx) 6/3/2003, Paridad promedio del peso con el dólar estadounidense (1821-1997); Población anual por entidad federativa, 1900-2002

$$\frac{P_{t+1}}{P_t} = 1 + c$$

Después se convirtió esta tasa de crecimiento decenal (o quinquenal) a una anual, es decir:

$$1 + c = \left(1 + \frac{c^*}{10}\right)^{10} \Leftrightarrow c^* = \left(\left(1 + c\right)^{\frac{1}{10}} - 1\right) * 10$$

Con esta nueva tasa de crecimiento anual se obtuvieron las nuevas poblaciones anuales para cada entidad federativa. Luego se aplicó el factor de ajuste a cada una de las poblaciones anuales para ponerlos en términos del año de 1990. El factor de ajuste es una regla de tres.

Como las muertes estaban en años corrientes, a las muertes se les aplica el factor de ajuste por entidad federativa al año de 1990, es decir:  $muertes * \frac{población_{1990}}{población_{año}}$

Para el ajuste de daño se investigó la paridad promedio peso contra dólar estadounidense (1900-1990) y la inflación americana de ese periodo, tomando como año base el de 1990. Entonces a los daños que se encontraban en pesos se les aplicó el tipo de cambio de ese año y después la inflación. Así todos los daños se convirtieron a dólares de 1990<sup>51</sup> y se ajustaron a las poblaciones afectadas por el sismo (poblaciones proyectadas a 1990).

Finalmente se intersectó la información proporcionada por todas las bases de datos consultadas y se eliminaron los registros de sismos que no tenían información de muertes o daños. Se trabajó con 63 registros de sismos.<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> CPI, U.S., 1860-1970, annual.  
<http://www.personal.buseco.monash.edu.au-hynd/man/TSDL/mac-eco.html> 6/3/2003  
<http://lib.umich.edu/libhome/Documents.center/historiccpi.html> 6/3/2003

<sup>53</sup> Ver tabla 1 en el anexo.

La base de datos obtenida se ha enfocado más a los terremotos que han causado más muertes o daños materiales; ya que el número de reportes de sismos depende de la información histórica con la que cuenta la región de estudio y de la tasa de desarrollo de los diferentes centros de población.

Debido a eso muchas veces se sugiere erróneamente que estadísticamente la actividad sísmica ha aumentado a partir de 1900 a la fecha, pero esto se atribuye realmente a un mayor desarrollo de la ciencia sismológica.<sup>53</sup>

### **5.1.2 ELECCIÓN DE VARIABLES.**

Las variables a estudiar fueron aquellas que estaban vinculadas a pérdidas monetarias y humanas ocasionadas por sismos. Al inicio se habían elegido las variables de daños y muertes como las candidatas para modelar la distribución de pérdida, pero no existía explicación lógica de relacionar a los daños como variable dependiente de la muerte. Así que se propusieron nuevas variables explicativas: Magnitud Richter, Profundidad, Indicador de localización del sismo, Indicador del sismo del 1985 y finalmente interacciones entre las variables anteriores que son punto clave para el cálculo del umbral del bono.

En la figura siguiente se presenta el número de muertes que han sido provocadas por sismos ocurridos en México desde 1900 al 2000.

---

<sup>53</sup> Catalog of Significant Earthquakes, World data Center A for solid Earth Geophysics, National Geophysical Data Center, NOAA, USA.

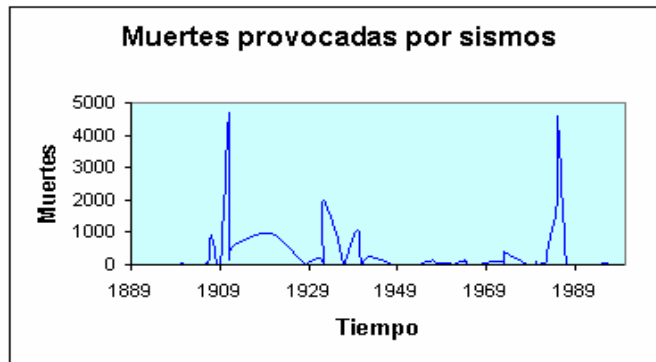


FIG. 13. Gráfica de número de muertes provocadas por sismos.  
Fuente: Cálculos Propios.

Se llevo a cabo un análisis de regresión utilizando como variable independiente a Daños o  $\ln(\text{Daños})$  y como independientes a la magnitud (Richter) o  $\ln(\text{magnitud})$ , profundidad o  $\ln(\text{profundidad})$ , latitud o  $\ln(\text{latitud})$ , longitud o  $\ln(\text{longitud})$  y muertes o  $\ln(\text{muertes})$ . A cada modelo propuesto se le aplicó el modelo de regresión lineal, herramienta proporcionada en Excel; se compararon las estadísticas de la regresión (coeficiente de correlación múltiple, coeficiente de determinación  $R^2$ ,  $R^2$  ajustada, error típico y número de observaciones), el análisis de la varianza (grados de libertad, suma de cuadrados, promedio de los cuadrados, F y valor crítico de la F de la regresión y los residuos), los coeficientes, errores típicos, estadísticos t, probabilidades, cuartiles inferiores y superiores de las distintas variables y su respectivo análisis de los residuales. Para ver ejemplos de las distintas combinaciones ver la tabla 2 del anexo. En algunas de las combinaciones se eliminaron algunos registros porque eran datos extremos que hacían que el modelo tuviera un error significativo, por ejemplo en la base de Datos de la Universidad Católica de Louvain existían varios registros repetidos con los daños monetarios causados por el sismo de 1985.

Además se propuso utilizar las siguiente variables indicadoras:

$$I(0,1) = \begin{cases} 1 & \text{El sismo fue sentido en el DF.} \\ 0 & \text{El sismo no fue sentido en el DF.} \end{cases}$$

$$I85(0,1) = \begin{cases} 1 & \text{Sismo de 1985} \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases}$$

### 5.1.3 INTERACCIÓN DE VARIABLES.

Se incluyeron interacciones en la regresión, aquellas variables que pueden tener asociación entre sí. Las interacciones que se incluyeron son:

$$\begin{aligned} & \text{Richter} * \text{Profundidad} \\ & \text{Ln ( Richter )} * \text{Ln ( Profundidad )} \end{aligned}$$

### 5.1.4 SELECCIÓN DEL MODELO.

El criterio para la elección del modelo fue calcular el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el BIC<sup>54</sup> entre todos los modelos pensados. La tabla 2 del anexo muestra que el coeficiente de determinación más alto que se encontró fue de 0.9415 que corresponde al modelo 55d) y a un coeficiente de correlación de .97 que tiene como variable dependiente a  $\ln(\text{daños})$  y como variables independientes a  $\ln(\text{Richter})$ ,  $\ln(\text{profundidad})$ , interacción  $\text{Richter} * \text{Profundidad}$  y la indicadora si es el sismo fue en Distrito Federal  $I(0,1)$ . Se decidió no tomar en cuenta a los modelos que presentaban la variable de muertes, aunque tuvieran un coeficiente de correlación alto por el problema de interpretación de datos.

Después de obtener los coeficientes de determinación se calcularon los pronósticos de daños para los registros que no contaban con esta información y de esta manera completar la base de datos. Para verificar que los coeficientes pronosticaran lo correcto se utilizó un factor de ajuste  $\hat{\alpha}_0$  porque la variable dependiente resultó ser  $\ln(y)$ . De esta manera se pudo pronosticar a  $y$  como<sup>55</sup>:

$$\hat{y} = \hat{\alpha}_0 \exp(\hat{\ln} y)$$

<sup>54</sup> Criterio de Información Bayesiano.

<sup>55</sup> Wooldridge, J.W, Introducción a la Econometría: Un Enfoque Moderno, Thomson Learning, pp.202-204.

De los modelos obtenidos se eligieron los mejores, es decir, aquellos modelos con mayor coeficiente de determinación, mayor  $R^2$  ajustada y valor F significativo. Sin embargo, los modelos no podían ser comparados porque no tenían el mismo número de observaciones. Así que se aplicó otro criterio de selección: el Criterio de Información Bayesiano (BIC)<sup>56</sup>.

Para calcular el BIC de cada uno de los modelos se tuvo que repetir el procedimiento de regresión lineal a los mejores modelos obtenidos anteriormente pero ahora ajustados a un tamaño determinado de observaciones, al tamaño de observaciones del mejor modelo anterior: 17 observaciones del modelo 55d) y se calculó el BIC con la fórmula del capítulo anterior. Después de haber obtenido el BIC de todos los modelos, se escogió el modelo que tenía el mínimo BIC.

La tabla 2 en el anexo muestra los distintos modelos que se obtuvieron, es importante observar que en esta tabla todos los modelos tienen diferente número de datos por lo que no pueden ser comparados entre sí en términos de  $R^2$ . Mientras que en la tabla 3 del anexo muestra los mismos modelos de la tabla 1, pero ahora ajustados al número de datos del mejor modelo (55d), su BIC y los mejores modelos obtenidos.

De esta manera los mejores modelos fueron: 55d, 53b, 63e, 18d, 49f y 30f.<sup>57</sup>

55d) Con un BIC= 1.27543895,  $R^2=.9416$  y  $\alpha_0=1.4979058$ .

Daños =  $\exp(-39.852658 + 36.47 \ln(Richter) - 5.8496 \ln(Profundidad) - 1.4757 Richter * Profundidad + .0182933 I(0,1))$

53b) Con un BIC= 1.35466983,  $R^2=.94786$  y  $\alpha_0=1.18217127$ .

Daños =  $\exp(-4.13900146 + 4.97189332 Richter - 5.75345575 \ln(Profundidad) - 1.541262831 I(0,1) + 0.27934771 I85(0,1) + .018551461 Richter * Profundidad)$

---

<sup>56</sup> Fiebold, F.X, Elementos de Pronóstico, International Thomson Editores (1999) pp.71-76.

<sup>57</sup> Ver tabla 4 en el anexo.



63e) Con un BIC= 1.40690621,  $R^2=.93558$  y  $\alpha_0=1.00938292$ .

$$\text{Daños} = \exp(-16.8596396 + 6.5766116 \text{ Richter} + 0.1056636 \text{ Profundidad} - 2.60321052 \ln(\text{Richter}) * \ln(\text{Profundidad}) - 1.644725461 \ln(\text{Richter}) * \ln(\text{Profundidad}))$$

18d) Con un BIC= 1.52088534,  $R^2=.91724$  y  $\alpha_0=1.71964839$ .

$$\text{Daños} = \exp(-30.9047157 + 32.01458423 \ln(\text{Richter}) - 6.19590715 \ln(\text{Profundidad}) + 0.0210626 \text{ Richter} * \text{Profundidad})$$

49f) Con un BIC= 1.53687886,  $R^2=.91637$  y  $\alpha_0=1.19560375$ .

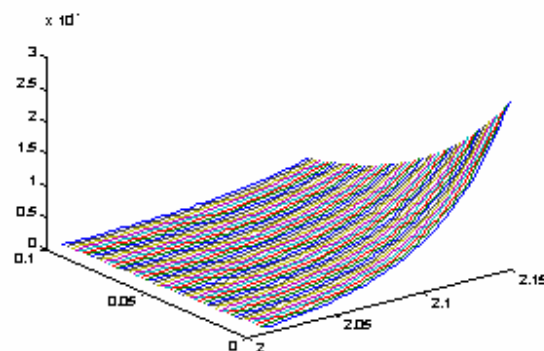
$$\text{Daños} = \exp(-14.2787736 + 5.35448974 \text{ Richter} - 2.21680121 \ln(\text{Profundidad}) - 1.8033094 I(0,1))$$

30f) Con un BIC= 1.161617403,  $R^2=.91206$  y  $\alpha_0=1.37623143$ .

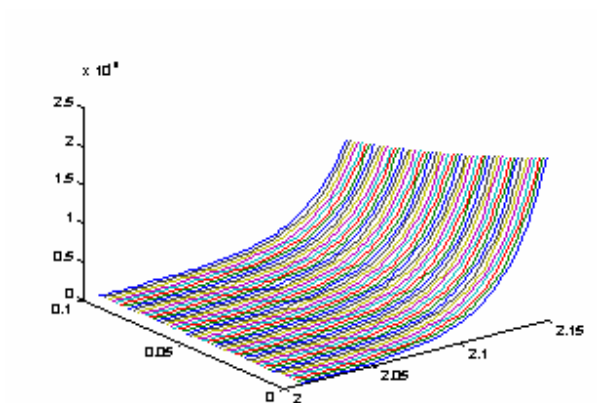
$$\text{Daños} = \exp(-51.2135872 + 38.4282528 \ln(\text{Richter}) - 2.29976079 \ln(\text{Profundidad}) - 1.7466954 I(0,1))$$

Se graficaron las curvas de predicción de los modelos anteriormente expuestos con la finalidad de interpretarlos:

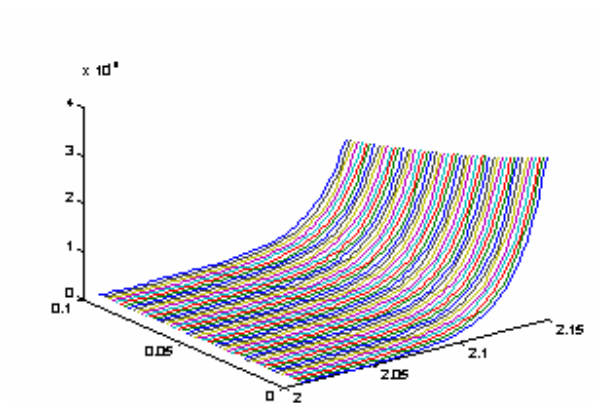
55d)



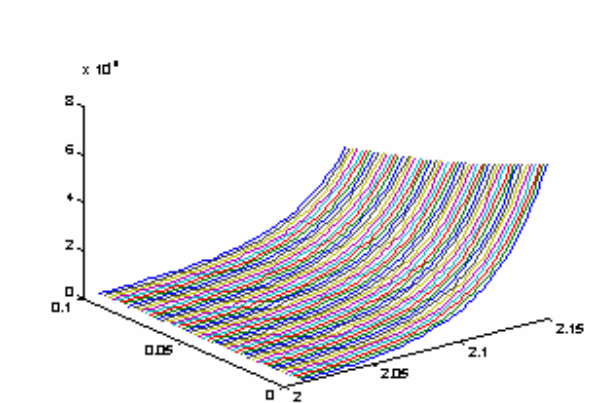
53b)



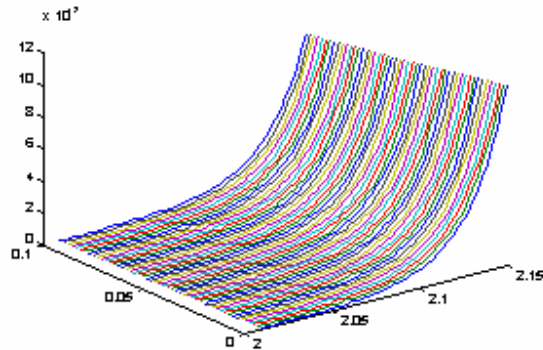
63e)



18d)



49f)



30f)

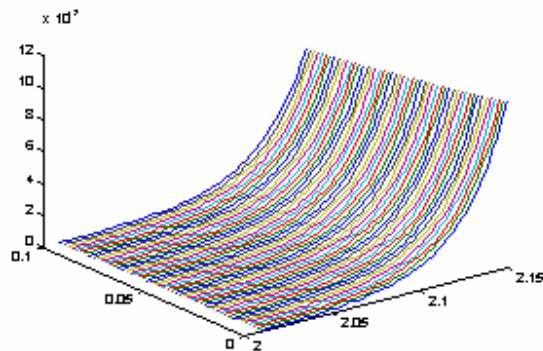


FIG. 14. Gráficas de los mejores modelos obtenidos.  
Fuente: Cálculos Propios.

El modelo 55d) si satisfacía las condiciones de profundidad y magnitud, pero pronosticaba para un sismo de magnitud alta y profundidad baja, daños esperados mínimos o casi nulos. Así que se optó por los modelos 53b, 63e, 18d, 49y 30f, porque respetaban la congruencia de las variables y estimaban los daños apropiados.

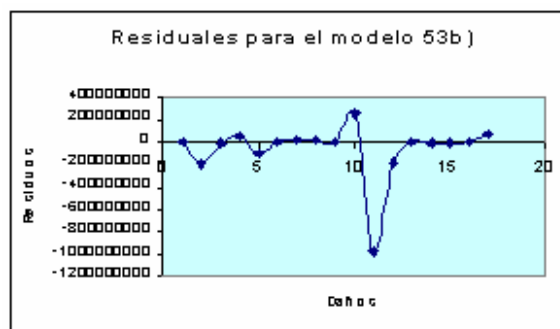
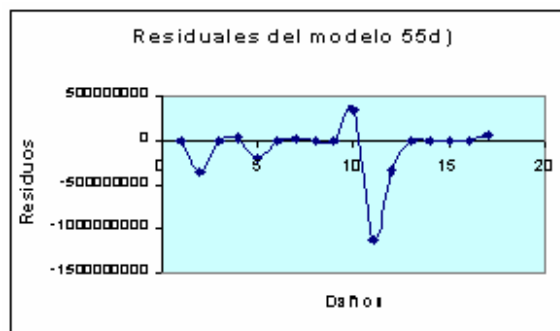
### 5.1.5 VALIDACIÓN DEL MODELO.

Para saber que tan bien se ajustan los modelos se hace referencia a la bondad de ajuste de los mismos. Diversos criterios miden la bondad de ajuste del modelo a los

datos. Una posibilidad consiste en ver qué tan confiables son los resultados obtenidos a partir de los parámetros estimados, sin olvidar que éstos están estimados a través de la experiencia del evento. Se suele utilizar  $-2\ln(\text{verosimilitud})$ , pero en nuestro caso la forma de validación del modelo fue a través del Criterio de Información Bayesiano (BIC).

### 5.1.6 ANÁLISIS DE RESIDUALES.

Los residuales estandarizados, proporcionados por la herramienta de análisis de Datos de Excel se definen como el cociente entre los residuales y una estimación de su desviación estándar. Donde los residuales son la diferencia entre los valores observados y las predicciones, es decir  $y_i - \hat{y}_i$ . Lo que se muestra en las gráficas siguientes es cómo los modelos predijeron los daños, mientras más cercanos estén al cero mejor los predijo.



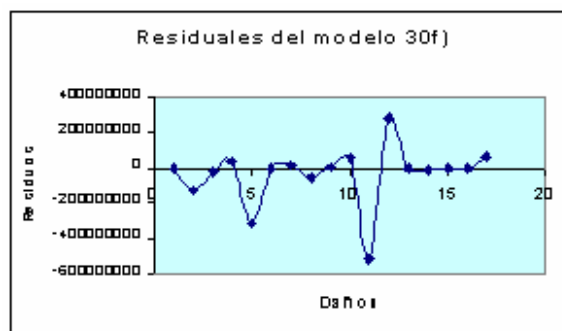
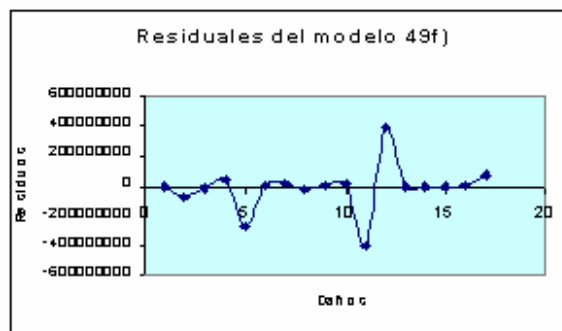
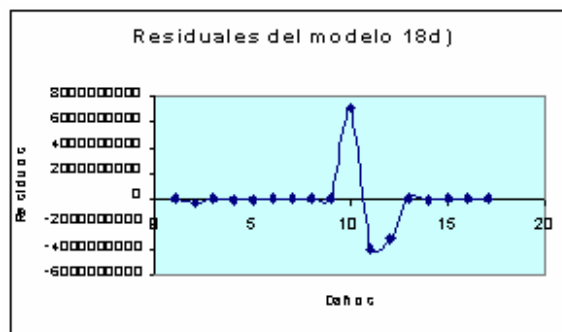
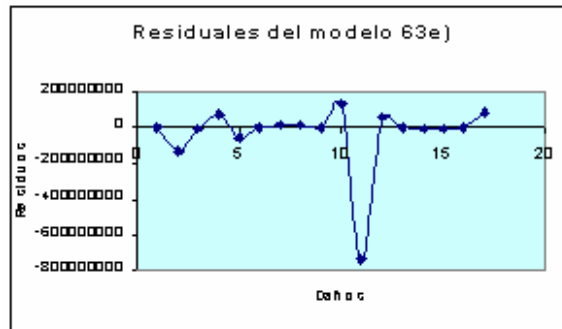


FIG. 15. Gráficas de Residuales de los modelos obtenidos.  
Fuente: Cálculos Propios.

### 5.1.6 VALORES ATÍPICOS.

Los valores atípicos son aquellos que el modelo no fija bien y se identifican aquellos cuyos valores absolutos de los residuales estandarizados son mayores a 2. El valor atípico que vemos en la tabla siguiente corresponde a el sismo del 19 de Septiembre de 1985 (renglón 11).

<i>Residuos estándares</i>						
<i>55d</i>	<i>65b</i>	<i>53b</i>	<i>63e</i>	<i>18d</i>	<i>49f</i>	<i>30f</i>
-0.00023049	-0.00052367	-0.00020254	-0.00044228	-5.4092E-05	-0.00177928	-0.00175857
-1.12869405	0.15675039	-0.75101708	-0.71229888	-0.13149057	-0.4798839	-0.78143807
-0.03122058	-0.05628011	-0.02264629	-0.02624949	-0.00338041	-0.08920922	-0.10976173
0.1162328	0.18117473	0.24271172	0.41756416	-0.04750348	0.31584897	0.22490605
-0.62962021	-1.11180074	-0.42473026	-0.27857014	-0.02301614	-1.75527344	-1.87178928
0.00100279	-0.00097415	0.00139127	0.00202546	0.00011309	0.0003298	0.00022899
0.02816533	0.00427644	0.04841563	0.09329256	0.00284685	0.11900744	0.10499508
-0.01942958	0.08335106	0.06967502	0.1045936	0.00830766	-0.18818598	-0.32405804
0.00104048	0.02745496	0.00872718	0.02652602	-0.00101924	0.04909148	0.04301501
1.12152515	0.84185843	0.99021971	0.71144285	3.36094187	0.07030395	0.32950532
-3.58708734	-3.86021824	-3.82561526	-3.927105	-1.86337317	-2.59398178	-3.09442021
-1.06946281	-0.15679081	-0.69588651	0.31558346	-1.48664007	2.56514066	1.69154937
-0.00043157	0.00023067	-0.00044363	-0.00086872	-0.00011468	-0.00066772	-0.00070293
-0.03713176	-0.01273371	-0.02217795	-0.02394961	-0.02114322	-0.06172944	-0.087534
-0.01620547	-0.02802857	-0.01354008	-0.01562356	-0.00215724	-0.03621152	-0.04299644
-0.00872595	0.00069702	-0.00738131	-0.00465839	-0.00193151	0.00316666	0.00142585
0.20853722	0.24509967	0.29668799	0.43691099	0.0345012	0.45853544	0.38778243

TABLA 5. Residuos estándares.  
Fuente: Cálculos Propios.

### 5.1.7 OBSERVACIONES INFLUYENTES.

Las observaciones influyentes son aquellas que si no se consideran en el análisis, los resultados cambian radicalmente. Se calculan mediante las distancias de Cook, la cual es una medida global acumulada del efecto de quitar la *i*-ésima observación del modelo. Algunos ejemplos de este tipo de observaciones son los sismos de 1957 o el de 1985, que causaron grandes daños y si se eliminan del análisis, los modelos cambian drásticamente.

## **5.2 PROCESO POISSON HOMOGÉNEO.**

Como el valor de bono es el valor esperado de los daños ocasionados por el sismo, entonces se necesita estimar la tasa de ocurrencia del evento.

Es concebible tener un desastre natural que tendrá o no repercusiones financieras, más si ocurre en áreas subdesarrolladas, con esto en mente, asumimos que el proceso de catástrofe es un Proceso Poisson. Usamos este proceso para incorporar las distintas características del proceso de catástrofe y así, el tiempo del umbral puede ser visto como un punto de un proceso Poisson con intensidad estocástica ( $\lambda$ ) dependiente del índice de posición. Sin embargo, estos eventos pueden ser o no pérdidas económicas; supondremos que las pérdidas económicas asociadas son independientes de cada evento y con una probabilidad común.

Los bonos catastróficos son ofrecidos en grandes campos debido al impredecible proceso de la catástrofe: 100 años (en países con gran actividad sísmica), 500 años (con actividad sísmica media) y 1000 años (en países con baja actividad). Por lo tanto supusimos que la probabilidad de que ocurra un evento dentro de la zona de pago del bono (umbral) es uniforme, debido a que para cualquier tiempo  $t$ , la probabilidad de ocurrencia es la misma. De esta forma se pensó en una región de pago discretizada con el fin de obtener los daños esperados para cada uno de los modelos anteriormente obtenidos. Estas regiones de pago fueron determinadas por magnitudes y profundidades dadas. Para definir la región de pago se escogieron los temblores con magnitud entre 7 y 8.5 en escala de Richter, con profundidad de cero a 40 kilómetros y se propusieron tres puntos claves: el máximo (mayor magnitud, menor profundidad), el mínimo (menor magnitud, mayor profundidad) y el punto medio  $S$  (punto medio de la región de pago). Se eligió esta zona con base a información histórica de los sismos en México. Entonces, sea  $S$  el umbral para el cual se emite el bono, con magnitud mayor o igual a 7.8 grados Richter, profundidad menor o igual a 20 kilómetros y como un punto medio, de corte, con probabilidad de .5.

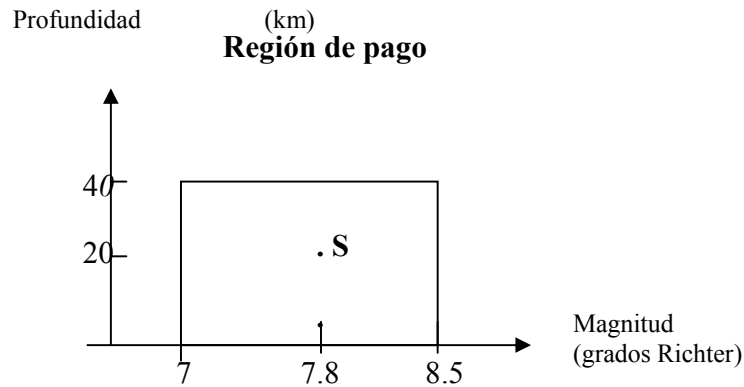


FIG. 16. Región de pago para definir el umbral del bono.  
Fuente: Cálculos Propios.

Entonces, como sólo se tomó en cuenta el número de eventos pasados (sismos) que caen dentro de la región de pago en un tiempo determinado (100 años) y se quiere estimar futuros eventos, se supone que la probabilidad de ocurrencia de la catástrofe sigue un Proceso Poisson Homogéneo, con tiempos exponencialmente distribuidos, porque se supone que los sismos cuentan con la propiedad de pérdida de memoria.

Entonces la tasa de ocurrencia del terremoto ( $\lambda$ ) correspondiente a la probabilidad de ocurrencia del evento se calculó de la siguiente forma:

$$\hat{\lambda} = \frac{\text{Número de sismos que están por arriba del umbral establecido en la zona de pago}}{100 \text{ años de sismicidad}}$$

Finalmente se obtuvo una  $\lambda$  equivalente a .08 temblores por año, es decir, ocurren aproximadamente 8 sismos con magnitud mayor o igual a 7.8 grados Richter y con profundidad menor o igual a 20 kilómetros cada 100 años, según la experiencia sísmica en México. En la Tabla 6, se presentan algunos umbrales con sus correspondientes tasas de ocurrencia de terremotos.



Magnitud mayor o igual a	Prof menor o igual	Frecuencia	Lambdas
7.5	30	8	0.08
7.5	35	19	0.19
7.5	40	20	0.2
7.5	25	8	0.08
7.5	33	19	0.19
7	40	58	0.58
7	35	56	0.56
7	33	54	0.54
7	30	32	0.32
7.3	40	31	0.31
7.3	35	30	0.3
7.3	33	30	0.3
7.3	30	15	0.15

*TABLA 6.* Probabilidades de ocurrencia de terremotos sujetas a diferentes magnitudes y profundidades a lo largo de 100 años de sismicidad en México.  
Fuente: Cálculos Propios.

A continuación, con base en el capítulo anterior, se modela el bono catastrófico para México.

### **5.3 MODELAJE DEL BONO CATASTRÓFICO EN MÉXICO.**

Para la teoría del cálculo del bono se pensó en la idea de un fondo gubernamental, como lo hicieron Lewis y Murdock (1996). El modelo que se presenta para la valuación de bonos catastróficos está basado en el equilibrio de valuaciones, la cual se puede hacer en dos procesos: primero seleccionando las tasas de interés que envuelven las catástrofes y segundo estimando la probabilidad de catástrofe ocurrida. Una vez hecho esto, se calcula el valor presente actuarial del bono y se obtienen los disponibles de dinero por parte del gobierno y del inversionista al momento de la catástrofe.

La dinámica de tasas de interés que se sigue para el cálculo del bono catastrófico consiste en que se paga una tasa de interés en caso de ocurrencia del evento y otra en caso de no ocurrencia, siempre vistas como puntos por arriba o abajo de la tasa libre de riesgo (CETES).

En el modelo expuesto, el fondo gubernamental siempre tiene el efectivo adecuado para pagar las pérdidas si un evento de catástrofe ocurre. Desde la perspectiva del dueño del bono catastrófico el contrato es como una apuesta de dinero sujeto a riesgo de crédito, donde el riesgo de default es realmente el riesgo del evento.

Esto es parecido a un reaseguro tradicional con las siguientes diferencias:

- Las pérdidas del reaseguro tradicional afectan más a los inversionistas en el portafolio que a los expuestos.
- Es posible vender exposiciones sencillas a través del mercado de capital, en contraste a las acciones de la bolsa, las cuales son pérdidas agregadas.

Supuestos:

- El inversionista es neutral al riesgo.
- En caso de que el evento ocurra, el principal completo es pagado a una fecha posterior o bien puede darse sólo una parte o en el peor de los casos puede que no se regrese nada del capital inicial invertido en fecha de vencimiento.

El bono catastrófico pensado hace frente a cantidades de \$1. Es un instrumento que es catalogado para elegir pago de cupones de  $c$  al final de cada periodo y un repago final de \$1 mientras ocurra una catástrofe. El inversionista sabrá que cupón será el requerido para venderse a fecha de vencimiento.

En esta tesis no mencionaremos el cálculo de la valuación del bono en el sector secundario, por lo que esta idea no se desarrollará más.

### **5.3.1 BONO CATASTRÓFICO SIN CUPONES Y PRINCIPAL EN RIESGO.**

El bono catastrófico pensado es un bono sin cupones (forma general) con diferimiento de pago del principal en caso de ocurrencia del evento.

SUPUESTO: En caso de ocurrencia del evento el pago se reduce a  $P_o$  (número total de bonos de un dólar que el gobierno tiene que vender para cubrir el daño acumulado del terremoto) y se difiere  $s$  unidades de tiempo.

Sea :

**R:** Duración del bono.

**T:** Tiempo de ocurrencia del terremoto.  $T \sim \exp(\lambda)$  *Poisson Homogéneo*.

**Vo:** Variable aleatoria del dinero que el gobierno debe tener para hacer frente a obligaciones contingentes suyas y a obligaciones de los inversionistas al momento de la ocurrencia del terremoto. Es el valor actuarial del daño esperado.

$\delta_E$ : tasa instantánea de interés en caso de ocurrencia del terremoto.

$\delta_{NE}$ : tasa instantánea de interés en caso de no ocurrencia del terremoto.

$\delta_{cetes}$ : tasa instantánea de interés dada en CETES del bono catastrófico al momento de la venta.

**D<sub>T</sub>:** daño esperado.

**s:** unidades de tiempo del diferimiento de pago en caso de ocurrencia del terremoto.

Entonces:

$$V_o = \begin{cases} [D_t e^{-\delta_{cetes} t} + P_o e^{\delta_E s} e^{-\delta_{cetes} (t+s)} - P_o] & I(t < R), s \geq 0 \\ [P_o e^{\delta_{NE} R} e^{-\delta_{cetes} R} - P_o] & I(t > R) \end{cases}$$

Esto significa que:

$$V_o = \begin{cases} [\text{Valor Presente de los daños} + \text{Valor Presente del pago en caso de} & I(t < R) \\ \text{ocurrencia del evento} - \text{Pago inicial}] & \\ \\ [\text{Valor presente del pago en caso de no ocurrencia del evento} - \text{Pago inicial}] & I(t > R) \end{cases}$$

El pago en caso de ocurrencia del evento consiste en que el gobierno regresa a los inversionistas sus pagos iniciales  $s$  años después del evento, es decir, lo difiere a una tasa en caso de evento.

$S = 0$  significa que el gobierno regresa el dinero al inversionista en el momento de la ocurrencia del evento. Si  $\delta_E < 0$  cuando ocurre el evento significa que el gobierno regresa a los inversionistas menos de su inversión inicial en "s" años después del evento, pero para que el bono sea atractivo en caso de ocurrencia del evento se sugiere  $s > 0$ .

El bono catastrófico actúa como un reaseguro porque el gobierno transmite obligaciones (riesgos) al inversionista al momento de la compra del bono, pero también es una apuesta porque el gobierno se arriesga a tener, a una probabilidad alta, una pérdida antes o después del evento. Por este motivo, las tasas en caso de no evento tienen que ser atractivas para que el inversionista quiera arriesgarse. Si  $R$  es muy grande se tendrá que ofrecer una tasa en caso de no evento muy alta porque a los inversionistas no les atraerá invertir su dinero en bonos donde sus rendimientos se verán a largo plazo. La tasa de interés instantánea está en CETES porque es un parámetro de referencia y control que tiene el gobierno para hacer inversiones seguras libres de riesgo.

**"Vo"** será cara porque no habrá compañía aseguradora que quiera asumir la obligación de cubrir los daños esperados de grandes terremotos.

Se pensó al gobierno como el emisor de este tipo de bono, y no una aseguradora, porque:

- 1) La ocurrencia del terremoto es un bien asegurable para él.
- 2) Porque es la única institución con capacidad de financiamiento.

Entonces para que sea un negocio justo entre el gobierno y los inversionistas se necesita que el valor esperado de  $V_0$  sea igual a cero, donde  $T$  se distribuye exponencialmente bajo el supuesto de Proceso Poisson Homogéneo:

Condición:  $E[V_0] = 0$  (Apuesta Justa)

$$E[V_o] = \int_0^R (D_t e^{-\delta_{cetes} t} + P_o e^{\delta_E} e^{-\delta_{cetes}(t+s)} - P_o) \lambda e^{-\lambda t} dt + (P_o e^{\delta_{NE} R} e^{-\delta_{cetes} R} - P_o) e^{-\lambda R}$$

como  $E[V_o] = 0$ , entonces se tiene que:

$$P_o = D_t \int_0^R e^{-t(\delta_{cetes} + \lambda)} \lambda dt + \int_0^R (P_o e^{\delta_E s} e^{-\delta_{cetes} s} \lambda e^{-t(\delta_{cetes} + \lambda)} dt + P_o e^{R(\delta_{NE} - \delta_{cetes})} e^{-\lambda R}$$

Como 
$$\int_0^R \lambda e^{-t(\delta_{cetes} + \lambda)} dt = \frac{\lambda}{(\lambda + \delta_{cetes})} (1 - e^{-R(\lambda + \delta_{cetes})})$$

entonces:

$$P_o = \frac{D_t \left( \frac{\lambda}{\lambda + \delta_{cetes}} \right) (1 - e^{-R(\lambda + \delta_{cetes})})}{1 - \left( e^{\delta_E s} e^{-\delta_{cetes} s} \frac{\lambda (1 - e^{-R(\lambda + \delta_{cetes})})}{\lambda + \delta_{cetes}} \right) - (e^{R(\delta_{NE} - \delta_{cetes})} e^{-\lambda R})}$$

En otras palabras:  $P_o = \frac{\text{Daños esperados}}{k}$  con  $k$  siempre menor a 1, porque *los daños esperados causados por un terremoto son iguales a  $P_o$  (número de bonos de un dólar vendidos por el gobierno) menos el pago que el gobierno da a los inversionistas en caso de evento, menos el pago a los inversionistas en caso de no evento*. Es decir,  $P_o$  siempre es mayor que los daños esperados porque paga en caso de no evento.

Pero, ¿cuál es la tasa de interés instantánea en caso de no evento que logra hacer que  $E[V_o]=0$ ? Sabemos que:

$$V_o = \begin{cases} [D_t e^{-\delta_{cetes} t} + P_o e^{\delta_E s} e^{-\delta_{cetes}(t+s)} - P_o] & I(t < R) \\ [P_o e^{\delta_{NE} R} e^{-\delta_{cetes} R} - P_o] & I(t > R) \end{cases}$$

Y siguiendo el principio de una apuesta justa  $E[V_o]=0$ , se tiene que despejando  $\delta_{NE}$ :

$$\delta_{NE} = \ln \left[ \frac{P_o - D_i \left( \frac{\lambda}{\lambda + \delta_{cetes}} \right) (1 - e^{-R(\lambda + \delta_{cetes})}) - \left( P_o e^{\delta_E s} e^{-\delta_{cetes} s} \left( \frac{\lambda}{\lambda + \delta_{cetes}} \right) (1 - e^{-R(\lambda + \delta_{cetes})}) \right)}{P_o e^{-\lambda R}} \right]^{\frac{1}{R}} + \delta_{cetes}$$

**Ejemplo:** La tasa de interés instantánea en caso de no evento que logra hacer  $E[V_0]=0$ , suponiendo  $\lambda = .08$ ,  $R=1$ ,  $s=1.5$ ,  $\delta_{cetes}=5\%$  y  $\delta_E = 0\%$  es una  $\delta_{NE}= 5.6238\%$ . Esto significa que se necesita una tasa instantánea en caso de no evento mayor a la tasa instantánea de CETES para que la apuesta sea justa entre el gobierno y los inversionistas.

Hasta ahora sólo se ha calculado el dinero que el gobierno debe de tener para cubrir sus obligaciones y la de los inversionistas, pero ¿cuánto es lo que verdaderamente deben pagar los inversionistas por el bono? El valor real del bono debe ser igual al valor presente actuarial de los pagos futuros en caso de ocurrencia o no del evento. Si suponemos que los pagos futuros son de un dólar, se tiene que:

$$Pagos = \begin{cases} e^{\delta_E s} e^{-\delta_{cetes} (t+s)} & I(t < R) \\ e^{\delta_{NE} R} e^{-\delta_{cetes} R} & I(t > R) \end{cases}$$

entonces el valor presente actuarial de los pagos es:

$$\begin{aligned} VPA(Pagos) &= \int_0^R e^{\delta_E s} e^{-\delta_{cetes} (t+s)} \lambda e^{-\lambda t} dt + e^{\delta_{NE} R} e^{-\delta_{cetes} R} e^{-\lambda R} \\ &= e^{s(\delta_E - \delta_{cetes})} \frac{\lambda}{\lambda + \delta_{cetes}} (1 - e^{-R(\delta_{cetes} + \lambda)}) + e^{\delta_{NE} R} e^{-\delta_{cetes} R} e^{-\lambda R} \end{aligned}$$

Si se supone que los pagos iniciales son de un dólar, entonces se espera que el valor del bono sea también de uno por ser una apuesta justa; para que esto suceda se necesita que existan diversas combinaciones entre las distintas tasas de interés instantáneas que se otorgan. Como  $P_0$  es el número de bonos que el gobierno necesita para cubrir el daño esperado causado por el terremoto, en caso de que el

gobierno no logre vender  $P_0$ , entonces el número de bonos vendidos por el gobierno es el porcentaje cubierto del desastre esperado.

Para obtener el valor del bono igual al pago inicial de uno, se fija la tasa de interés instantánea en CETES ( $\delta_{cetes}$ ) y la de caso de evento ( $\delta_E$ ), así la variable deseada a obtener es la tasa de interés instantánea en caso de no evento ( $\delta_{NE}$ ).

Existen cuatro casos para la tasa instantánea en caso de no evento:

- Si el evento ocurre ( $T < R$ ), el gobierno no paga a los inversionistas y retiene el total de dinero recibido por la venta del bono.
- Si el evento ocurre ( $T < R$ ), el gobierno paga a los inversionistas un porcentaje del capital inicial invertido  $s$  años después de que ocurre el evento ( $s \geq 0$ ) (diferimiento aleatorio) a una tasa de interés instantánea  $\delta_E$ .
- Si el evento ocurre ( $T < R$ ), el gobierno paga a los inversionistas un porcentaje del capital inicial invertido al momento en que ocurre el evento ( $s=0$ )
- Si el evento ocurre ( $T < R$ ), el gobierno paga a los inversionistas un porcentaje del capital inicial invertido al final del  $R$ -ésimo año (diferimiento fijo), es decir, al final del contrato. En este caso si el evento ocurre antes de  $R$ , no importa cuando ocurra, siempre se paga al final del contrato.

Notar que el caso c) es un caso particular de b) cuando  $s=0$ .

Entonces las respectivas fórmulas para el cálculo del bono y de la tasa de interés en caso de no evento ( $\delta_{NE}$ ) para cada caso son:

$$a) \text{ Bono} = 1 = e^{\delta_{NE} R} e^{-\delta_{cetes} R} e^{-\lambda R} \Leftrightarrow \delta_{NE} = \delta_{cetes} + \lambda$$

$$b) \text{ Bono} = 1 = e^{s(\delta_E - \delta_{cetes})} \frac{\lambda}{\lambda + \delta_{cetes}} (1 - e^{-R(\lambda + \delta_{cetes})}) + e^{\delta_{NE} R} e^{-R(\lambda + \delta_{cetes})}$$

$$\Leftrightarrow \delta_{NE} = \ln\left(e^{R(\lambda + \delta_{cetes})} - \left(e^{R(\lambda + \delta_{cetes})} e^{s(\delta_E - \delta_{cetes})} \frac{\lambda}{\lambda + \delta_{cetes}} (1 - e^{-R(\lambda + \delta_{cetes})})\right)\right)^{\frac{1}{R}}$$

$$c) \text{ Bono} = 1 = \frac{\lambda}{\lambda + \delta_{cetes}} (1 - e^{-R(\lambda + \delta_{cetes})}) + e^{\delta_{NE}R} e^{-\delta_{cetes}R} e^{-\lambda R}$$

$$\Leftrightarrow \delta_{NE} = \ln\left(\frac{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda + \delta_{cetes}}\right)(1 - e^{-R(\lambda + \delta_{cetes})})}{e^{-\delta_{cetes}R} e^{-\lambda R}}\right)^{\frac{1}{R}}$$

$$d) \text{ Bono} = 1 = e^{\delta_E R} e^{-\delta_{cetes}R} (1 - e^{-\lambda R}) + e^{\delta_{NE}R} e^{-\delta_{cetes}R} e^{-\lambda R}$$

$$\Leftrightarrow \delta_{NE} = \ln\left(\frac{1 - e^{R(\delta_E - \delta_{cetes})} (1 - e^{-\lambda R})}{e^{-R(\delta_{cetes} + \lambda)}}\right)^{\frac{1}{R}}$$

En todos los casos  $\delta_{NE} > \delta_{cetes}$  o  $\delta_{NE} > \delta_E$ .

En las siguientes tablas se observan diferentes tasas de interés instantáneas en caso de no evento para distintas tasas de ocurrencia del evento (lambdas) y tasas de interés instantáneas en caso de evento:



Observaciones.

- Caso 1) Si ocurre, el gobierno no paga.
- caso 2) Si ocurre, el gobierno paga un porcentaje después de s años a tasa  $\delta_E$
- caso 3) Caso 2) con s=0 (El gobierno paga al inversionista al momento de terremoto).
- caso 4) Si ocurre, el gobierno paga al final del periodo.

				R= 1		$\delta_{cetes}$ 5.00%		
				s= 1		$\delta_E$ 0.00%		
magnitud >=prof <=Frecuencia				lambdas	$\delta_{NEcaso1}$	$\delta_{NEcaso2}$	$\delta_{NEcaso3}$	$\delta_{NEcaso4}$
7.5	30	8	0.08	13.000%	5.5966393%	5.2018787%	5.4053731%	
7.5	35	19	0.19	24.000%	6.4835208%	5.4971250%	6.0153502%	
7.5	40	20	0.2	25.000%	6.5681695%	5.5250284%	6.0740058%	
7.5	25	8	0.08	13.000%	5.5966393%	5.2018787%	5.4053731%	
7.5	33	19	0.19	24.000%	6.4835208%	5.4971250%	6.0153502%	
7	40	58	0.58	63.000%	10.3509434%	6.7333019%	8.7618995%	
7	35	56	0.56	61.000%	10.1216742%	6.6618687%	8.5956478%	
7	33	54	0.54	59.000%	9.8960441%	6.5913773%	8.4324194%	
7	30	32	0.32	37.000%	7.6396164%	5.8744906%	6.8225638%	
7.3	40	31	0.31	36.000%	7.5462814%	5.8443082%	6.7569206%	
7.3	35	30	0.3	35.000%	7.4537013%	5.8143233%	6.6918881%	
7.3	33	30	0.3	35.000%	7.4537013%	5.8143233%	6.6918881%	
7.3	30	15	0.15	20.000%	6.1517536%	5.3873119%	5.7861764%	

Se puede observar que el caso 2 da una tasa instantánea en caso de no evento mayor que la del caso 4 por el diferimiento del pago que se otorga.

				R= 1		$\delta_{cetes}$ 5.00%		
				s= 1.5		$\delta_E$ 0.00%		
magnitud >=prof <= Frecuencia				lambdas	$\delta_{NEcaso1}$	$\delta_{NEcaso2}$	$\delta_{NEcaso3}$	$\delta_{NEcaso4}$
7.5	30	8	0.08	13.000%	5.7861856%	5.2018787%	5.4053731%	
7.5	35	19	0.19	24.000%	6.9550806%	5.4971250%	6.0153502%	
7.5	40	20	0.2	25.000%	7.0666487%	5.5250284%	6.0740058%	
7.5	25	8	0.08	13.000%	5.7861856%	5.2018787%	5.4053731%	
7.5	33	19	0.19	24.000%	6.9550806%	5.4971250%	6.0153502%	
7	40	58	0.58	63.000%	12.0474459%	6.7333019%	8.7618995%	
7	35	56	0.56	61.000%	11.7460200%	6.6618687%	8.5956478%	
7	33	54	0.54	59.000%	11.4493045%	6.5913773%	8.4324194%	
7	30	32	0.32	37.000%	8.4786420%	5.8744906%	6.8225638%	
7.3	40	31	0.31	36.000%	8.3556632%	5.8443082%	6.7569206%	
7.3	35	30	0.3	35.000%	8.2336739%	5.8143233%	6.6918881%	
7.3	33	30	0.3	35.000%	8.2336739%	5.8143233%	6.6918881%	
7.3	30	15	0.15	20.000%	6.5178035%	5.3873119%	5.7861764%	

				R= 1		δcetes 5.00%	
				s= 2		δE 5.00%	
magnitud >=prof <=	Frecuencia	lambdas		δNEcaso1)	δNEcaso2)	δNEcaso3)	δNEcaso4)
7.5	30	8	0.08	13.000%	5.2018787%	5.2018787%	5.0000000%
7.5	35	19	0.19	24.000%	5.4971250%	5.4971250%	5.0000000%
7.5	40	20	0.2	25.000%	5.5250284%	5.5250284%	5.0000000%
7.5	25	8	0.08	13.000%	5.2018787%	5.2018787%	5.0000000%
7.5	33	19	0.19	24.000%	5.4971250%	5.4971250%	5.0000000%
7	40	58	0.58	63.000%	6.7333019%	6.7333019%	5.0000000%
7	35	56	0.56	61.000%	6.6618687%	6.6618687%	5.0000000%
7	33	54	0.54	59.000%	6.5913773%	6.5913773%	5.0000000%
7	30	32	0.32	37.000%	5.8744906%	5.8744906%	5.0000000%
7.3	40	31	0.31	36.000%	5.8443082%	5.8443082%	5.0000000%
7.3	35	30	0.3	35.000%	5.8143233%	5.8143233%	5.0000000%
7.3	33	30	0.3	35.000%	5.8143233%	5.8143233%	5.0000000%
7.3	30	15	0.15	20.000%	5.3873119%	5.3873119%	5.0000000%

La siguiente tabla presenta el caso cuando el evento ocurre y el gobierno no regresa el 50% o 75% del principal inicial a los inversionistas. Aún así, las tasas de interés instantáneas en caso de no evento son atractivas.

				R= 1		δcetes 5.00%	
				s= 1.5		δE -41.00%	
magnitud >=prof <=	Frecuencia	lambdas		δNEcaso1)	δNEcaso2)	δNEcaso3)	δNEcaso4)
7.5	30	8	0.08	13.000%	9.1646485%	5.2018787%	8.0247210%
7.5	35	19	0.19	24.000%	15.1468158%	5.4971250%	12.4322145%
7.5	40	20	0.2	25.000%	15.7052581%	5.5250284%	12.8473617%
7.5	25	8	0.08	13.000%	9.1646485%	5.2018787%	8.0247210%
7.5	33	19	0.19	24.000%	15.1468158%	5.4971250%	12.4322145%
7	40	58	0.58	63.000%	38.6864998%	6.7333019%	30.4506724%
7	35	56	0.56	61.000%	37.3935640%	6.6618687%	29.4345378%
7	33	54	0.54	59.000%	36.1096385%	6.5913773%	28.4284017%
7	30	32	0.32	37.000%	22.5947094%	5.8744906%	18.0197369%
7.3	40	31	0.31	36.000%	22.0073986%	5.8443082%	17.5751896%
7.3	35	30	0.3	35.000%	21.4224733%	5.8143233%	17.1331102%
7.3	33	30	0.3	35.000%	21.4224733%	5.8143233%	17.1331102%
7.3	30	15	0.15	20.000%	12.9373398%	5.3873119%	10.7958418%

				R=	1	$\delta_{\text{cetes}}$	5.00%
				s=	1.5	$\delta_E$	-56.00%
magnitud	$\geq$ prof	$\leq$ Frecuencia	lambdas	$\delta_{\text{NEcaso1}}$	$\delta_{\text{NEcaso2}}$	$\delta_{\text{NEcaso3}}$	$\delta_{\text{NEcaso4}}$
7.5	30	8	0.08	13.000%	9.9493333%	5.2018787%	8.7327544%
7.5	35	19	0.19	24.000%	16.9947518%	5.4971250%	14.1259849%
7.5	40	20	0.2	25.000%	17.6487820%	5.5250284%	14.6312747%
7.5	25	8	0.08	13.000%	9.9493333%	5.2018787%	8.7327544%
7.5	33	19	0.19	24.000%	16.9947518%	5.4971250%	14.1259849%
7	40	58	0.58	63.000%	44.0838422%	6.7333019%	35.6707756%
7	35	56	0.56	61.000%	42.6192385%	6.6618687%	34.4752477%
7	33	54	0.54	59.000%	41.1623925%	6.5913773%	33.2893559%
7	30	32	0.32	37.000%	25.6688640%	5.8744906%	20.8895178%
7.3	40	31	0.31	36.000%	24.9885753%	5.8443082%	20.3542863%
7.3	35	30	0.3	35.000%	24.3104342%	5.8143233%	19.8215433%
7.3	33	30	0.3	35.000%	24.3104342%	5.8143233%	19.8215433%
7.3	30	15	0.15	20.000%	14.4010421%	5.3873119%	12.1298247%

TABLA 7. Tasas de interés instantáneas en caso de no evento sujetas a distintas tasas de ocurrencia del evento (lambdas)<sup>58</sup>.  
Fuente: Cálculos propios.

Por lo anterior, se puede concluir que el beneficio de invertir en el bono catástrofico es realmente atractivo porque en caso de evento el gobierno regresa al inversionista su principal inicial s años después con puntos arriba de CETES.

**Ejemplo:** Las tasas de interés instantáneas en caso de no evento cuando el bono=1,  $\lambda = .08$ ,  $\delta_E = 0\%$ ,  $\delta_{\text{cetes}} = 5\%$  y  $s = 1.5$  años, a través del tiempo son:

R	$\delta_{\text{NEcaso1}}$	$\delta_{\text{NEcaso2}}$	$\delta_{\text{NEcaso3}}$	$\delta_{\text{NEcaso4}}$
0	13.000%	–	–	–
0.125	13.000%	5.604%	5.025%	5.050%
0.25	13.000%	5.630%	5.050%	5.100%
0.375	13.000%	5.656%	5.075%	5.151%
0.5	13.000%	5.682%	5.100%	5.201%
0.625	13.000%	5.708%	5.126%	5.252%
0.75	13.000%	5.734%	5.151%	5.303%
0.875	13.000%	5.760%	5.176%	5.354%
1	13.000%	5.786%	5.202%	5.405%

TABLA 8. Tasas de interés en caso de no evento a través del tiempo.  
Fuente: Cálculos Propios.

<sup>58</sup> Probabilidad de ocurrencia del evento.

En la siguiente figura se observa el comportamiento del bono en el tiempo, en este caso  $R=1$  año; podemos observar que el caso 1) siempre es constante en el tiempo porque no está influenciado por la ocurrencia del evento.

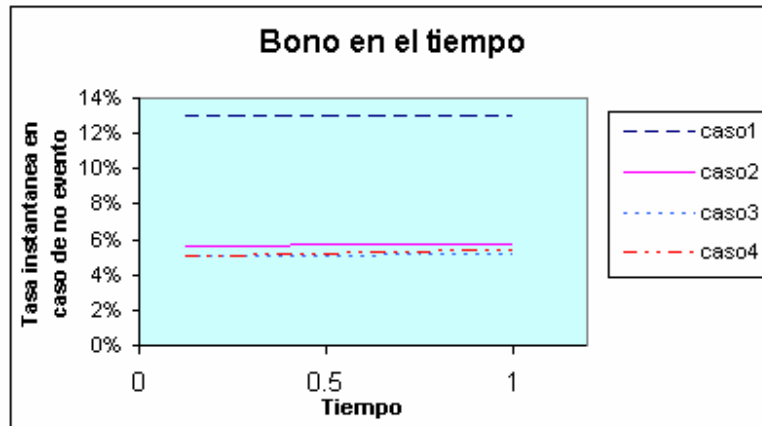


FIG.17. Gráfica del Bono en el tiempo.  
Fuente. Cálculos Propios.

En la Fig. 18 podemos observar el comportamiento del bono a distintas tasas de probabilidad de ocurrencia (lambdas). Nuevamente el caso 1) es la tasa de interés instantánea que ofrece más rendimientos para el gobierno.

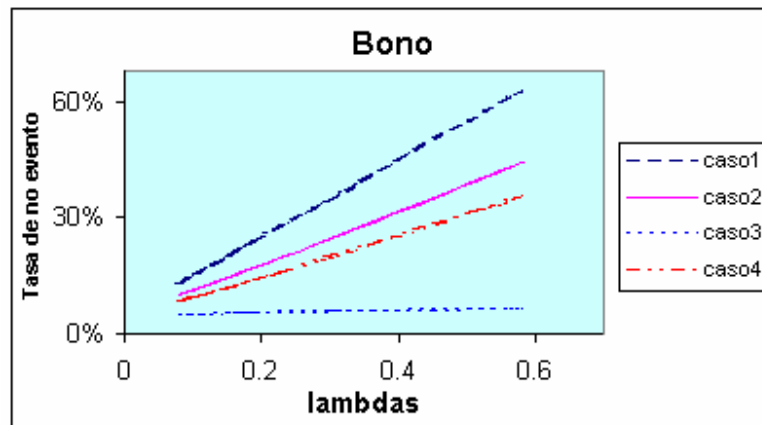


FIG 18. Gráfica del bono con lambdas distintas.  
Fuente: Cálculos Propios.

Sin embargo, ¿Cuál es el excedente de pago que logra tener el gobierno por emitir bonos catastróficos?, ¿Cuál es su beneficio? y ¿Cuál es el beneficio de los inversionistas por comprar este tipo de bono? ¿Cuál es el disponible del dinero que tiene el gobierno a la ocurrencia del evento?

Entonces, el beneficio esperado que logra tener el gobierno por emitir este tipo de bonos, suponiendo  $P_0=1$  se define de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Beneficio}_{\text{gobierno}} &= E\left[e^{\delta_{\text{cetes}} T} - e^{\delta_E S} e^{-\delta_{\text{cetes}} S}\right] = \int_0^R e^{\delta_{\text{cetes}} t} \lambda e^{-\lambda t} dt + e^{\delta_E S} e^{-\delta_{\text{cetes}} S} (1 - e^{-\lambda R}) \Leftrightarrow \\ \text{Beneficio}_{\text{gobierno}} &= \frac{\lambda}{\lambda - \delta_{\text{cetes}}} (1 - e^{-R(\lambda - \delta_{\text{cetes}})}) - e^{s(\delta_E - \delta_{\text{cetes}})} (1 - e^{-\lambda R}) \end{aligned}$$

Que se puede interpretar como el peso inicial del gobierno invertido T años a tasa instantánea de CETES, menos el pago que da a los inversionistas por la ocurrencia del evento.

Por otra parte, el beneficio esperado de los inversionistas se puede definir de la siguiente forma:

$$\text{Beneficio}_{\text{inversionista}} = E\left[e^{\delta_{NE} R} - e^{\delta_{\text{cetes}} R}\right] = e^{R(\delta_{NE} - \lambda)} - e^{R(\delta_{\text{cetes}} - \lambda)}$$

Es decir, el excedente esperado que se llevan los inversionistas por comprar el bono es igual a su inversión inicial invertida a una tasa instantánea en caso de no ocurrencia del evento menos su inversión inicial.

El bono catastrófico por ser una apuesta justa entre gobierno e inversionistas se igualan los dos tipos de beneficios:

$$\begin{aligned} \text{Beneficio}_{\text{gobierno}} - \text{Beneficio}_{\text{inversionista}} &= 0 \\ \frac{\lambda}{\lambda - \delta_{\text{cetes}}} (1 - e^{-R(\lambda - \delta_{\text{cetes}})}) - e^{s(\delta_E - \delta_{\text{cetes}})} + e^{s(\delta_E - \delta_{\text{cetes}}) - \lambda R} - e^{R(\delta_{NE} - \lambda)} + e^{R(\delta_{\text{cetes}} - \lambda)} &= 0 \end{aligned}$$

Entonces, la tasa instantánea en caso de no evento que iguala el beneficio del gobierno con el del inversionista es igual a:

$$\delta_{NE} = \ln \left( \frac{\frac{\lambda}{\lambda - \delta_{cetes}} + \left(1 - \frac{\lambda}{\lambda - \delta_{cetes}}\right) e^{-R(\lambda - \delta_{cetes})} - e^{s(\delta_E - \delta_{cetes})} + e^{s(\delta_E - \delta_{cetes}) - \lambda R}}{e^{-\lambda R}} \right)^{\frac{1}{R}}$$

Que en otras palabras, es el disponible esperado de dinero que tiene el gobierno al momento de la ocurrencia del terremoto.

Comparado con una prima del seguro:

$$Prima\_seguro = E[e^{-\delta_{cetes}t}] = \int_0^R e^{-\delta_{cetes}t} \lambda e^{-\lambda t} dt = \frac{\lambda}{\lambda + \delta_{cetes}} (1 - e^{-R(\delta_{cetes} + \lambda)})$$

En la Tabla 9 y 10 se presenta el cálculo de los disponibles esperados para el gobierno y el inversionista:

s            1.5  
 lambda    0.08  
 δcetes    5.00%  
 δE        -100.00%            Tasa Efectiva:            -63.212%  
 δNE       11.28%

Disponibles Esperados				
R	Gobierno	Inversionistas	δNE	Gob-inv=0
0	-	-	-	-
0.125	0.0079215	0.0078512	0.1133586	0.0000704
0.25	0.0158262	0.0157052	0.1132781	0.0001210
0.375	0.0237139	0.0235622	0.1131976	0.0001517
0.5	0.0315846	0.0314223	0.1131174	0.0001623
0.625	0.0394383	0.0392857	0.1130373	0.0001526
0.75	0.0472749	0.0471524	0.1129574	0.0001224
0.875	0.0550942	0.0550226	0.1128777	0.0000716
1	0.0628964	0.0628964	0.1127982	0.0000000

TABLA 10. Disponibles esperados para el gobierno y el inversionista.  
 Fuente: Cálculos Propios.

S	1.5		
lambda	0.08		
δcetes	5.00%		
δE	6.50%	Tasa Efectiva:	6.7159%
δNE	5.02%		

<b>Disponibles Esperados</b>				
R	Gobierno	Inversionistas	δNE	Gob-inv=0
0	-	-	-	-
0.125	-0.0001953	0.0000229	0.0484315	-0.0002182
0.25	-0.0003267	0.0000457	0.0486831	-0.0003724
0.375	-0.0003951	0.0000683	0.0489343	-0.0004634
0.5	-0.0004013	0.0000907	0.0491851	-0.0004920
0.625	-0.0003462	0.0001130	0.0494355	-0.0004592
0.75	-0.0002306	0.0001351	0.0496855	-0.0003657
0.875	-0.0000553	0.0001570	0.0499351	-0.0002123
1	0.0001788	0.0001788	0.0501842	0.0000000

TABLA 10. Disponibles esperados para el gobierno y el inversionista.  
Fuente: Cálculos Propios.

Los disponibles esperados para el gobierno y para el inversionista calculados con distintas tasas de ocurrencias del evento (lambdas) son:

<b>Disponibles Esperados</b>				
lambdas	Gobierno	Inversionistas	si δNE=	Benef_Gob-Benef_Inv
0.08	0.0628964	0.0628964	11.280%	0.0000000
0.19	0.1414788	0.0563448	20.078%	0.0000000
0.2	0.1481986	0.0557841	20.887%	0.0000000
0.08	0.0628964	0.0628964	11.280%	0.0000000
0.19	0.1414788	0.0563448	20.078%	0.0000000
0.58	0.3591015	0.0381486	52.629%	0.0000000
0.56	0.3499086	0.0389193	50.913%	0.0000000
0.54	0.3405273	0.0397055	49.202%	0.0000000
0.32	0.2237499	0.0494761	30.705%	0.0000000
0.31	0.2177985	0.0499733	29.879%	0.0000000
0.3	0.2117865	0.0504756	29.054%	0.0000000
0.3	0.2117865	0.0504756	29.054%	0.0000000
0.15	0.1139094	0.0586442	16.857%	0.0000000

TABLA 11. Disponibles esperados del gobierno y del inversionista calculados a distintas probabilidades de ocurrencia.  
Fuente: Cálculos Propios.

El bono catastrófico es una apuesta donde el riesgo es la probabilidad de ocurrencia del evento y el beneficio son las tasas instantáneas de interés que ofrece. Por lo anteriormente visto, al gobierno le conviene venderlo porque compensa sus pagos de ocurrencia de desastres naturales con los pagos que el inversionista da por la compra del bono. Con la venta de bonos catastróficos, el gobierno cuenta con dinero al inicio de la ocurrencia del evento, antes no lo tenía. Por otra parte, el inversionista también gana a corto plazo, porque las tasas de interés instantáneas en caso de no evento son altas.

En la siguiente gráfica, se presenta los disponibles en el tiempo que el gobierno y el inversionista esperan obtener en caso de ocurrencia de terremoto<sup>59</sup>.

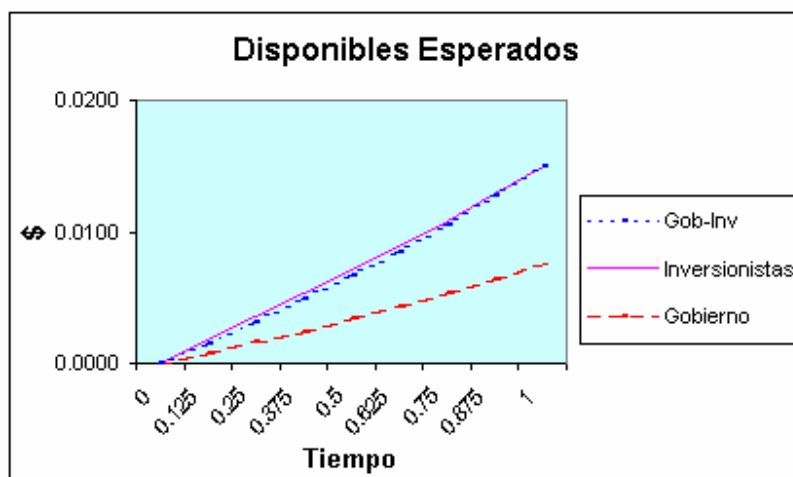


FIG. 19. Disponibles esperados del gobierno y del inversionista.  
Fuente: Cálculos Propios.

Sin embargo, existe otro tipo de disponible, el real, que se define como la cantidad de dinero que tiene el gobierno dado que ya pasó el evento y dado que la ocurrencia del evento se define como un Proceso Poisson con intensidad ( $\lambda$ ). El disponible real del gobierno en caso de que el terremoto ocurra en T es igual a.

<sup>59</sup> El disponible fue calculado con una  $P_0 = 1$  a lo largo de un año. .



$$\text{Disponible\_real}_T = e^{\delta_{cetes}T} - e^{\delta_E s} e^{-\delta_{cetes} s}$$

Con la restricción:  $e^{\delta_{cetes}T} - e^{\delta_E s} e^{-\delta_{cetes} s} > 0$  porque el gobierno siempre debe tener dinero al momento del evento. Entonces:

$$e^{\delta_{cetes}T} \geq e^{s(\delta_E - \delta_{cetes})} \Leftrightarrow \delta_{cetes}T > s(\delta_E - \delta_{cetes}) \Leftrightarrow \frac{\delta_{cetes}}{\delta_E - \delta_{cetes}} \geq \frac{s}{T}$$

donde :

s= unidades de tiempo para el diferimiento de pago que hace el gobierno a los inversionistas en caso de ocurrencia del evento.

R= tiempo del contrato.

Tres casos:

a) Si  $s = T \Rightarrow \delta_{cetes} = \delta_E - \delta_{cetes} \Leftrightarrow \delta_E = 2\delta_{cetes}$ .

b)  $\delta_E - \delta_{cetes} \geq 0 \Rightarrow \frac{\delta_{cetes}}{\delta_E - \delta_{cetes}} \geq \frac{s}{T}$

c)  $\delta_E - \delta_{cetes} \leq 0 \Rightarrow \frac{\delta_{cetes}}{\delta_E - \delta_{cetes}} < \frac{s}{T}$ , caso simple porque siempre se cumple, R es

entero.

En las siguientes figuras se observan los disponibles reales que obtiene el gobierno, dadas distintas tasas instantáneas en caso de ocurrencia del evento. La primera gráfica muestra el valor del disponible a cien años.

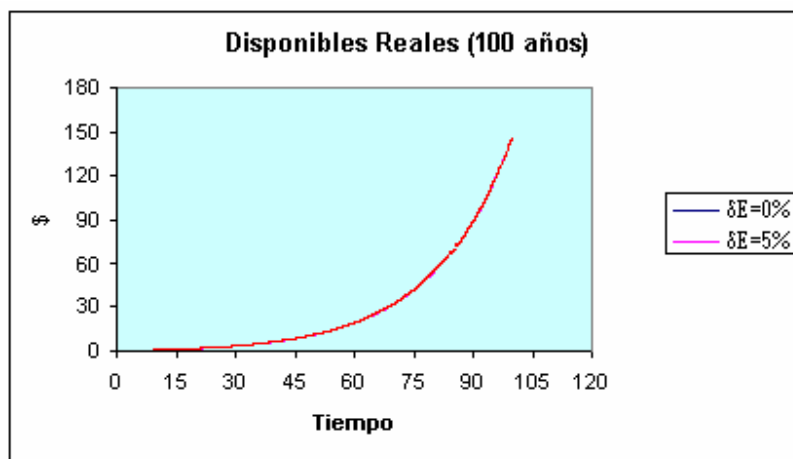


FIG.20. Disponibles esperados del gobierno y del inversionista a 100 años.  
Fuente: Cálculos Propios

Si hacemos un acercamiento al origen observamos lo siguiente:

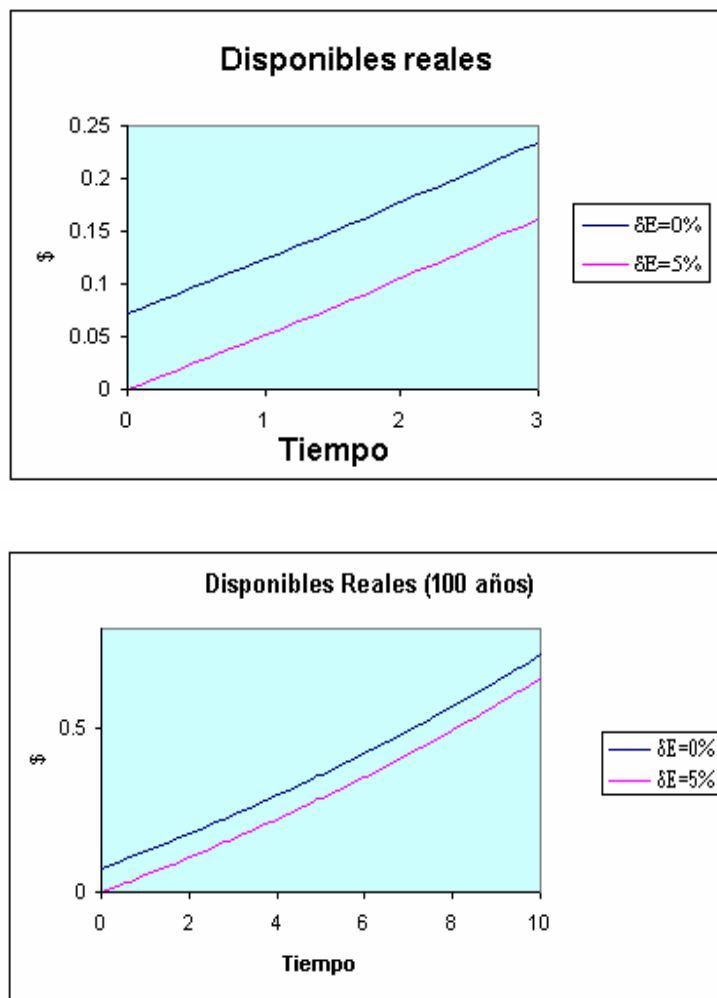


FIG. 21. Disponibles en el tiempo.  
Fuente: Cálculos propios.

Donde la curva azul, es el caso cuando dado la ocurrencia del evento el gobierno regresa a los inversionistas su principal inicial  $s$  años después (1.5 años después), mientras que la curva rosa tiene un periodo de diferimiento de 2 años .

**Ejemplo:**

Suponiendo que un terremoto ocurre a la mitad del contrato de un bono catastrófico y que el gobierno no paga a los inversionistas en caso de evento. Entonces el disponible real que tiene el gobierno es igual a  $e^{\frac{\delta}{\text{cetes}} \frac{R}{2}}$  si el pago inicial fue de un

dólar. En este caso, el gobierno gana la inversión inicial más los intereses generados por el bono.

En la siguiente tabla, se presenta el disponible del gobierno si el terremoto ocurriera a la mitad del contrato ( $R/2$ ) y la utilidad del inversionista al final del contrato en caso de no evento traída a valor presente a la mitad del año, para distintos valores de  $\delta_E$  y  $s$ . Se utiliza una tasa instantánea  $\delta_{cetes}=5\%$ ,  $R=1$  año,  $\lambda=0.08$ .

s	Evento Disponible del Gobierno						No evento Beneficio del inversionista					
	$\delta_B=0\%$	$\delta_B=1\%$	$\delta_B=2\%$	$\delta_B=3\%$	$\delta_B=4\%$	$\delta_B=5\%$	$\delta_B=0\%$	$\delta_B=1\%$	$\delta_B=2\%$	$\delta_B=3\%$	$\delta_B=4\%$	$\delta_B=5\%$
0	0.02532	0.02532	0.02532	0.02532	0.02532	0.02532	0.00204	0.00204	0.00204	0.00204	0.00204	0.00204
0.5	0.05001	0.04512	0.04020	0.03527	0.03030	0.02532	0.00404	0.00365	0.00325	0.00285	0.00244	0.00204
1	0.07409	0.06453	0.05487	0.04512	0.03527	0.02532	0.00600	0.00522	0.00444	0.00365	0.00285	0.00204
1.5	0.09757	0.08355	0.06932	0.05487	0.04020	0.02532	0.00791	0.00677	0.00561	0.00444	0.00325	0.00204
2	0.12048	0.10220	0.08355	0.06453	0.04512	0.02532	0.00977	0.00828	0.00677	0.00522	0.00365	0.00204
2.5	0.14282	0.12048	0.09757	0.07409	0.05001	0.02532	0.01158	0.00977	0.00791	0.00600	0.00404	0.00204
3	0.16461	0.13839	0.11138	0.08355	0.05487	0.02532	0.01335	0.01122	0.00903	0.00677	0.00444	0.00204
3.5	0.18586	0.15596	0.12499	0.09292	0.05971	0.02532	0.01508	0.01265	0.01013	0.00753	0.00483	0.00204
4	0.20658	0.17317	0.13839	0.10220	0.06453	0.02532	0.01676	0.01405	0.01122	0.00828	0.00522	0.00204
4.5	0.22680	0.19004	0.15160	0.11138	0.06932	0.02532	0.01840	0.01542	0.01230	0.00903	0.00561	0.00204
5	0.24651	0.20658	0.16461	0.12048	0.07409	0.02532	0.02001	0.01676	0.01335	0.00977	0.00600	0.00204
5.5	0.26574	0.22280	0.17742	0.12948	0.07883	0.02532	0.02157	0.01808	0.01439	0.01050	0.00638	0.00204
6	0.28450	0.23869	0.19004	0.13839	0.08355	0.02532	0.02309	0.01937	0.01542	0.01122	0.00677	0.00204
6.5	0.30279	0.25426	0.20248	0.14722	0.08825	0.02532	0.02458	0.02063	0.01643	0.01194	0.00715	0.00204
7	0.32063	0.26953	0.21473	0.15596	0.09292	0.02532	0.02603	0.02188	0.01742	0.01265	0.00753	0.00204
7.5	0.33803	0.28450	0.22680	0.16461	0.09757	0.02532	0.02744	0.02309	0.01840	0.01335	0.00791	0.00204
8	0.35500	0.29917	0.23869	0.17317	0.10220	0.02532	0.02882	0.02428	0.01937	0.01405	0.00828	0.00204
8.5	0.37155	0.31354	0.25040	0.18165	0.10680	0.02532	0.03016	0.02545	0.02032	0.01474	0.00866	0.00204
9	0.38769	0.32764	0.26194	0.19004	0.11138	0.02532	0.03147	0.02660	0.02126	0.01542	0.00903	0.00204
9.5	0.40343	0.34145	0.27330	0.19836	0.11594	0.02532	0.03275	0.02772	0.02218	0.01609	0.00940	0.00204
10	0.41878	0.35500	0.28450	0.20658	0.12048	0.02532	0.03400	0.02882	0.02309	0.01676	0.00977	0.00204

TABLA 12. Beneficios por dólar que se obtienen por la ocurrencia o no del evento.  
Fuente: Cálculos Propios.

Es decir, si  $\delta_{cetes}=5\%$ ,  $\delta_E=0\%$  y  $s=0$  entonces el gobierno tiene .02532 puntos extras arriba de CETES como ganancia por emitir el bono, mientras que el inversionista en caso de no evento gana .00204 puntos arriba de CETES.

#### **5.4 SIMULACIÓN DEL BONO CATASTRÓFICO PARA TERREMOTOS EN MÉXICO.**

Con el fin de verificar que el bono catastrófico realmente está funcionando a largo plazo, se hicieron simulaciones por 1000 años (Ver Tabla 5 en el anexo).  $T$  da el tiempo en el cual ocurre el terremoto. Si  $T \leq 1$  entonces ocurrió antes del final del año del contrato y el gobierno toma fondos, si  $T > 1$  entonces ocurrió después del final del contrato y el gobierno paga al inversionista la sobretasa en caso de no evento.  $T$  tiene una distribución exponencial con parámetro  $\lambda$ . Como puede verse en la Tabla 5 del anexo el promedio del disponible para el gobierno (0.007817761) es muy similar al promedio del beneficio del inversionista (0.007642012), indicando que a largo plazo el bono catastrófico equivale a una apuesta que es equivalente a CETES.

## 6. CONCLUSIÓN.

Por sus características geográficas, climáticas, volcánicas, sísmicas, topográficas y orográficas, México es un país que está expuesto a diversos fenómenos naturales, muchos de ellos catastróficos y con altos costos económicos. En los distintos capítulos de esta tesis se hace énfasis, específicamente, en la descripción de un fenómeno natural: sismicidad. El interés de este fenómeno natural es porque más del ochenta por ciento de la sismicidad mundial ocurre en el Cinturón Circumpacífico, zona que incluye la franja de Asia, América y especialmente nuestro territorio nacional.

Según el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) durante los últimos 20 años han ocurrido más de 75 desastres significativos, provocando más de 7 mil muertes, decenas de miles de damnificados y miles de dólares en daños económicos<sup>60</sup>. Hay que tomar en cuenta, que cada 10 años ocurren 8 sismos de magnitud mayor a 7, acorde a los sismos que se tienen en la base de datos construida para los 100 años de historia sísmica del país. Sismos de menor magnitud ocurren con mayor frecuencia. Sin embargo, a pesar de los estudios recientes, todavía es impredecible la probabilidad exacta de ocurrencia de un terremoto.

La sismicidad es un fenómeno natural que debe ser estudiado para prevenir y mitigar desastres, ya que los desastres son más resultado del poco conocimiento que se tiene de la sismicidad que de su propia magnitud y profundidad. Sin embargo, un avance en diversos campos de estudio es necesario para emprender una nueva política financiera que pueda cubrir los riesgos naturales a los que está expuesto el país.

Esta tesis es de importancia para la orientación del uso de los recursos del sector público, privado, compañías de seguros y reaseguro que participan en el

---

<sup>60</sup> *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México*, Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana, CENAPRED, Secretaría de Gobernación, México, 2001.

aseguramiento de los desastres naturales, en la estabilidad financiera nacional y en la posible institucionalización de los riesgos.

Los bonos catastróficos han tenido éxito mundial porque se ha comprobado<sup>61</sup> que han tenido un costo más bajo que el seguro tradicional o el reaseguro, un riesgo de retraso de pagos nulos y una gran utilidad en países con alto riesgo catastrófico y con mercado de aseguramiento limitado. Se concluye que el bono es atractivo para todo tipo de clientes, especialmente aquellos amantes al riesgo, porque la idea de la valuación del bono fue pensada como una apuesta que el gobierno hace en caso de ocurrencia de un evento catastrófico. Debido al alto riesgo de ocurrencia del evento al que se enfrentan los inversionistas, el bono catastrófico ofrece tasas de interés más altas que las usualmente ofrecidas por el mercado. Son bonos que pueden pagar cupones y posiblemente hasta el principal de manera contingente dependiendo de la ocurrencia de un evento catastrófico. Se comprueba que la probabilidad de ocurrencia del evento es alta; sin embargo, los rendimientos que se obtienen son altamente significativos.

Se pensó en el gobierno como emisor del bono porque es la institución que reduce la incertidumbre al presupuesto público y por supuesto la única que tiene la posibilidad de cubrir pérdidas potenciales ocasionadas por catástrofes. En términos de manejo del riesgo de una catástrofe, la diversificación no puede ser establecida en una sola región debido a la acumulación de pérdidas de grandes eventos. Así que las únicas opciones son dispersar el riesgo sobre una área más grande, o bien que los gobiernos sean los encargados de cubrir tales pérdidas económicas asegurándose por medio de instrumentos financieros.

Para asegurar una distribución de costos con la comunidad mundial de asegurados, las primas del seguro deben ser medidas dependiendo del riesgo individual de cada región. Así áreas con gran actividad sísmica tendrán grandes primas, contrario a zonas con baja actividad sísmica. Asegurados con menor exposición al riesgo

---

<sup>61</sup> Freeman, 1998.

deben estar dispuestos a pagar más que los de mayor exposición para crear un alivio en aquellas zonas afectadas.

Instrumentos financieros nacen día a día en el mercado internacional, pero poco a poco se avanza en la aplicación de estos nuevos instrumentos en el mercado mexicano. Sin duda la falta de información es relevante para la valuación de cualquier instrumento financiero.

La valuación del bono catastrófico que se hace en esta tesis es sólo una aproximación al valor real del bono, falta mucho por hacer, el mercado secundario espera. Recordar que mientras mayor confiabilidad tenga la valuación del instrumento riesgoso, más atractivo y exitoso será en el mercado.

Se concluye que las ganancias y el grado de aversión al riesgo por comprar un bono de este tipo son grandes pero significativos. A largo plazo el beneficio que tiene el gobierno por emitir el bono catastrófico se iguala con el beneficio que obtiene el inversionista por comprar este tipo de bonos, es decir, es una apuesta que a largo plazo se paga con tasa de interés en CETES. Es necesario, la utilización de nuevos instrumentos que permitan al gobierno o empresa privada generar los recursos suficientes para posibles catástrofes. Semejante a este bono se puede construir otro bono donde el pago sea contingente al tamaño de las pérdidas catastróficas.

Los bonos catastróficos, así como otros derivados financieros similares, son por tanto, apropiados para la cartera de un inversor y constituyen un sustituto o una garantía para el reaseguro internacional. Hoy en día, el costo de este tipo de instrumentos es más elevado que el reaseguro tradicional pero irá disminuyendo conforme aumente su uso. Por ello, cada vez se vinculan más los bonos catastróficos a índices objetivos (paramétricos), que se basan en características de

las catástrofes que pueden ser medidas científica y objetivamente, de esta manera, el inversor comprende el riesgo de crédito, que por lo general es muy bajo<sup>62</sup>.

La información disponible en esta tesis en cuanto a sismicidad y cálculo del bono catastrófico es de utilidad para estudios futuros. Finalmente, la mejor medida de disminución de riesgo es la correcta utilización de las normas de construcción y una constante cultura de prevención civil.

---

<sup>62</sup> En los capítulos pasados se trata del riesgo de crédito en los bonos catastróficos y en el reaseguro.



## 7. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Amerlinck, Teodoro; *Los sismos en la Ciudad De México*, Ed. Luz, México, 1962.
- [2] Barton, C. Amd Nishenko, S.; *Natural Disaster. Forecasting Economic and Life Losses*, USGS special report, August 1994.
- [3] Baryshnikov, Yu; A. Mayo, D.R Taylor; *Pricing of CAT bonds*, Paper presented in JSTOR, October 22, 1998.
- [4] Bitrán, Daniel; *Características del Impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-99*, CENAPRED, México, Tomo 1, primera edición, Octubre 2001.
- [5] Bitrán, Daniel; *Características del Impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la Republica Mexicana en el año 2000*, CENAPRED, México, Tomo 1, primera edición, Octubre 2001.
- [6] Bitrán, Daniel; *Características del Impacto Socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la Republica Mexicana en el año 2001*, CENAPRED, México, Tomo 1, primera edición, Noviembre 2002.
- [7] Bitrán, Daniel; *Evaluación del impacto socioeconómico de los principales desastres naturales ocurridos en la Republica Mexicana durante 1999*; Cuaderno de investigación No.50, CENAPRED, México, Primera edición, Octubre 2000.
- [8] Cox, Samuel H.; Pedersen, Hal W.; *Catastrophe Risk Bonds*, Paper presented by North American Actuarial Journal, Volume 4, number 4.
- [9] Croson, David C.; Keureuther, Howard C.; *Customizing Reinsurance and Cat bonds for Natural Hazard Risks*, Paper presented at Conference on Global Change and Catastrophic Risk Management, Laxenburg, Austria: IIASA, June, 6-9, 1999.
- [10] *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México*, Atlas Nacional de Riesgos de la Republica Mexicana, CENAPRED, Secretaría de Gobernación, México, 2001.
- [11] Doherty, Neil A.; *Integrated Risk Management*; McGrawll-Hill, 2000, pp.593-618
- [12] Embrechts, P.; Resnick, S.I. y Samorodnitsky G.; *Extreme Value theory as a risk Management Tool*, Preprint, ETH, Zurich, 1997. Tomo Reinsurance treaties, pp. 503-521.

- [13] García Acosta, Virginia; Suárez Reynoso, Gerardo; *Los sismos en la historia de México*, Tomo 1, Fondo de Cultura Económica, 2001.
- [14] García Acosta, Virginia. *Los sismos en la historia de México*, Tomo 2, Fondo de Cultura Económica, 2001.
- [15] Geman, Hélyette; *Insurance and Weather Derivatives, from exotic options to exotic underlyings*; Risk Books, 1999.
- [16] Gujarati, Damodar; *Essentials of econometrics*; second edition, 1998.
- [17] Hitz, Luzi; Kriesch, Sandro; Schmid, Edouard; *Random Occurrence or predictable disaster? New models in earthquakes probability assessment*, Swiss Re. publishing, 2000.
- [18] Jerry, R.Skees; *Opportunities for Improved Efficiency in Risk Sharing Using Capital Markets*, Paper for 1999 Summer Meetings Of the American Agricultural Economics Association.
- [19] Lugo, José; Hubp/Moshe, Inbar, *Desastres Naturales en América Latina*, Compiladores Fondo Cultura Económica.
- [20] Moore, James; *Tail Estimation and Catastrophe Security Pricing – Can we tell what target we hit if we are shooting in the dark?* Paper presented by Financial Institutions Center, Wharton, 99-14.
- [21] Nowak, Piotr; *Analysis of applications of some ex-ante instruments for the transfer of catastrophic risks*, Interim Report on work of the International Institute for Applied Systems Analysis, IR-99-075.
- [22] Ordaz M.; R. Meli; Montoya C.; Sánchez L.; Pérez Rocha, L.E; (1994), *Bases de datos para la estimación del riesgo sísmico en la ciudad de México*, CENAPRED, Cuaderno Investigación No.1, México.
- [23] Poster: *Cien años de sismicidad en México*, Instituto de Geofísica, UNAM, 1999.
- [24] *Programa Especial de prevención y mitigación del riesgo de desastres 2001-2006*, Secretaría de Gobernación, México, Primera edición, 2001.
- [25] Resenblueth, Emilio; García Acosta, Virginia; Rojas Rabiera, Teresa; *Macrosismos: aspectos físicos, sociales, económicos, políticos*; CIESAS, 1992.

- [26] Rosenblueth, Emilio; *Sismos y sismicidad en México*; Instituto de Ingeniería, UNAM.
- [27] Sigma, Swiss Ree, *Natural Catastrophes and Man made disasters in 1999*, No.2/2000.
- [28] Sigma, Swiss Ree, *Natural Catastrophes and Man made disasters in 2000*, No.2/2001.
- [29] Sigma, Swiss Ree, *Natural Catastrophes and Man made disasters in 2001*, No.1/2002.
- [30] Singh, S.K; Ordaz, M.; *Sismicidad y movimientos fuertes en México: una visión actual*, CENAPRED. Cuaderno de investigación No.18, México, 1994.
- [31] Singh, S.K; Rodríguez M.; Espindola J.M; *A catalog of shallow earthquakes of México from 1900 to 1981*; Bulletin of the Sismological Society of America, Vol. 74, No. 1, pp.267-279, February 1984.
- [32] *Sismos*, Serie Fascículos, CENAPRED, Secretaría de gobernación, México, 4ta.edición, Diciembre, 2001.
- [33] Riess, R.D; M., Thomas; *Statistical analysis of extreme values from Insurance, Finance, Hidrology and other fields*. Birkhäuser Verlag, 1997.
- [34] CPI, U.S., 1860-1970 annual  
<http://www-personal.buseco.monash.edu>
- [33] Riess, R.D; M., Thomas; *Statistical Analysis of extreme values from Insurance, Finance, Hidrology and other fields*. Birkhäuser Verlag, 1997.
- [34] CPI, U.S., 1860-1970, annual  
<http://www-personal.buseco.monash.edu.au/~hyndman/TSDL/mac-econ.html> 6/3/2003;  
<http://www.lib.umich.edu/libhome/Documents.center/historiccpi.html> 6/3/2003.
- [35] [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx) 6/3/2003, Paridad promedio del peso con el dólar estadounidense (1821-1997); Población anual por entidad federativa, 1900-2002.
- [36] [www.ngdc.noaa.gov](http://www.ngdc.noaa.gov) (27/02/2003) Catalog of Significant Earthquakes, World data Center A for solid Earth Geophysics, National Geophysical Data Center,NOAA, USA.
- [37] Wooldrige , J.W. , *Introducción a la Econometría: Un Enfoque Moderno*, Thomson Learning, 2001, pp. 202-204.

[38] Diebold, F.X., Elementos de Pronóstico, International Thomson Editores, 1999, pp.71-76.

[39] Castelo, Julio.Pérez, José María. Diccionario Básico de Seguros. Mapfre. Madrid, pp.126.

### **7.1 BIBLIOGRAFÍA DE LOS DATOS OBTENIDOS PARA LA BASE DE DATOS.**

Esta es la bibliografía (listada numéricamente) para la publicación de los datos incluidos en la columna de fuente de información de la base de datos obtenida.

1. Gutenberg, B. and C. Richter, *Seismicity of the Earth and Associated Phenomena*, 2nd Edition, Hafner Publishing Co., New York, NY, 1965. (Reproduction of the 1954 Edition by Princeton University Press, Princeton, NJ, 1954).
2. Lomnitz, C., Development in Geotectonics #5, *Global Tectonics and Earthquake Risk*, Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam, The Netherlands, 1974.
3. Richter, C., *Elementary Seismology*, W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA, 1958.
- 4-11. U.S. Department of Commerce, United States Earthquakes, Annual publication prepared by U.S. Coast and Geodetic Survey, 1928-1968; prepared by NOAA 1969-1972; prepared by NOAA in cooperation with U.S. Geological Survey 1973-1980, *U.S. Geological Survey 1981-1983*, Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. (total of 29 publications).
12. Bolt, B., W. Horn, G. MacDonald, and R. Scott, *Geological Hazards*, Springer-Verlag Publishing Co., 1975.
13. Rothe, J.P., *Annual Summary of Information on Natural Disasters 1966-75*, The UNESCO Press, Paris, France.
14. Rothe, J.P., *The Seismicity of the Earth 1953-1965*, United National Educational, Scientific, and Cultural Organization (UNESCO), Paris, France, 1969.
15. Neuman, F., U.S. Dept. of Commerce, United States Coast and Geodetic Survey, *Seismological Report Jan.-Dec. 1927*, Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1929.

16. Munchener Ruckversicherungs-Gesellschaft, *World Map of Natural Hazards*, Munich Federal Republic of Germany, 1978.
17. National Earthquake Information Service, *Preliminary Determination of Epicenters (PDE)*, a monthly publication, Golden, Colorado, 1980 to present.
18. McClelland, Lindsay, et al, editors, SEAN Bulletin, a monthly publication of the Scientific Event Alert Network of the Smithsonian Institution, Washington, D.C., 1980-1989.
19. Iida K., D.C. Cox, and G. Pararas-Carayannis, *Preliminary Catalogue of Tsunamis Occurring in the Pacific Ocean*, Hawaii Institute of Geophysics 67-10, Univ. of Hawaii, Honolulu, HI, 1967.
20. Mengin, O., editor, *UNDRO News*, a bimonthly publication of the United Nations Disaster Relief Organization Coordinator, Geneva, Switzerland, 1980 to present.
21. New York Times Information Service Retrieval, The New York Times Information Service Inc., Parsippany, New Jersey.
22. U.S. Coast and Geodetic Survey, *Destructive and Near-Destructive Earthquakes in California and Western Nevada, 1769-1933*, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1934.
23. U.S. Geological Survey, *Significant Earthquakes of the World, 1979, Preliminary Determination of Epicenters*, No. 1-80, January 28, 1980.
24. U.S. Geological Survey, *Significant Earthquakes of the World, 1978, Preliminary Determination of Epicenters*, 1979.
25. Instituto Geológico de México, *Terremoto Mexicano del 3 de Enero de 1920*, Boletín, No. 38, México, D.F. México, 1922.
26. Universidad Nacional Autónoma de México, *Anales del Instituto de Geofísica México*, D. F. México, 1969.
27. Seismological Society of America, *Seismological Notes* appearing in Bulletin of the Seismological Society of America (a monthly publication).
28. Brandow, G.E., and D.J. Leeds, *Reconnaissance Report Imperial County, California Earthquake, October 15, 1979*, Earthquake Engineering Research Institute, 1980.

29. Miyamura, S., *Some Remarks on Historical Seismograms and the Microfilming Project*, Preliminary Proceedings of the Symposium on Historical Seismograms and Earthquakes, August 27-28, 1985, Tokyo, Japan, 1985, p. 181.
30. Figueroa A., J., *Historia Sísmica y Estadística de Temblores de la Costa Occidental de México*, Bibliographical Bulletin of American Geophysics and Oceanography, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, México, D.F. México, 1963, pp. 107-134.
31. National Geophysical Data Center Digital Earthquake Data Base (described in Summary of Earthquake Data Base, Key to Geophysical Records Documentation No. 21, 1985), National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, 1991.
32. National Geophysical Data Center, *Seismicity: Earthquake Events (1534-1985)*, Geophysics of North America, Compact Disc with Access Software, U.S. Department of Commerce, NOAA, National Environmental Satellite Data and Information Service, National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, 1990.
33. International Seismological Center, *1918-59: International Seismological Summary*, Kew, United Kingdom.
34. Bath, M., and S.J. Duda, *Some Aspects of Global Seismicity*, Report No. 1-79, Seismological Institute, Uppsala, Sweden.
35. Berz, G., *List of Major Natural Disasters, 1960-1987*, Natural Hazards, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, Vol. 1, No. 1, 1988, pp. 97-99.
36. International Seismological Center, *Regional Catalogue of Earthquakes, 1964-1990*, Edinburgh, Scotland.
37. Figueroa A., J., *New Seismic Chart of Mexico*, Anales del Instituto de Geofísica, Vol. V, Universidad Nacional Autónoma de México, 1959.
38. Munich Re Group, *Topics--Annual Review: Natural Catastrophes 2000*, Munich, Germany, p. 23 and 26, 2001, retrieved, May 16, 2001, from the World Wide Web <http://www.munichre.com/>
- 39 / 44. Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) and the U.S. Office of Foreign Disaster Assistance (OFDA), EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database, Université Catholique de Louvain, Brussels,

Belgium, retrieved, May 16, 2001, from the World Wide Web  
<http://www.cred.be/emdat>

40. El Centro Regional de Información sobre Desastres (CRID), Regional Disaster Information Center for Latin American and the Caribbean, San Jose, Costa Rica, retrieved, February 27, 2002, from the World Wide Web  
<http://www.crid.or.cr/crid/FULLTEXT/Invdesas.htm>

41. García, Virginia. *Los sismos en la historia de México*, Tomo 1, Fondo de Cultura Económica, 2001.

42. Periódico: *El Universal, el gran diario de México*; Hemeroteca.

43. Amerlinck, Teodoro. *Los sismos en la Ciudad De México*, 1962, México.

45. Bitran, Daniel, *El Impacto Socioeconómico de los desastres naturales ocurridos en México en el periodo 1980-2001*, CENAPRED, México, 2001.

46. Marsh, S., editor, *Geotimes*, a monthly publication of the American Geological Institute, Alexandria, Virginia, 1980 to present.

\* La mayoría de la bibliografía consultada fue encontrada en la página de internet: <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/hazard/sigintro.html> página del World Data Center A for Solid Earth Geophysics, National Geophysical Data Center, USA, y el resto de la bibliografía fue consultada personalmente.

## 8. ANEXO

**TABLA 1. Base de datos final obtenida. (No incluye los registros en los que sólo se encontró un dato, como casas afectadas, número de damnificados, afectados, etc).**

**\* Datos que se utilizaron para la regresión lineal**

**\*\* Datos que se utilizaron para hacer el ajuste del BIC, datos utilizados en la base final.**

Año	Mes	Día	Lat.	Long.	Prof.	Magnitud	daños ajustados a dólares 1990	muer- tes ajustados a población 1990	daños-pobl ajustados a dólares y población 1990	Estado afectado
			grados	grados	SSN km	SSN				
**1900	1	19	19.1	-103.4	33	6.5	22370.51406	46.06572986	147216.294	COLIMA,COAHUAYANA
1902	1	16	17.7	-100	0	7		20.95327228		GUERRERO
1906	4	10	19	-113.8	33	7.1		38.44983914		REVILLA GIGEDO ISLANDS, OCEANO PACIFICO
**1907	10	16	28	-112.5	10	7.1	2259061.042	914.8578244	73811416.77	GULF OF CALIFORNIA
**1909	7	30	16.8	-99.9	33	7.2	917231.6622	22.52859205	4132787.587	NEAR COAST OF GUERRERO: ACAPULCO, AYUTLA
1911	6	7	17.5	-102.5	33	7.6		4673.255828		MICHOACAN
1911	6	7	19.7	-103.7	33	7.6		197.6470075		JALISCO: C. GUZMAN
1911	12	16	17	-100.5	50	7.5		137.292077		GUERRERO
1912	11	19	19.9	-99.8	33	6.9		603.4503004		CENTRAL, ACAMBAY, TIXMADEJE, EJE VOLCANICO
1920	1	3	19.3	-96.9		7.8		986.5098341		VERACRUZ: COZAUTLAN, PUEBLA: PATLANALA
1928	3	22	16	-96	33	7.5		8.550526974		OAXACA
1928	6	17	16.2	-98	33	7.6		4.198094686		NEAR COAST OF GUERRERO
1928	8	4	17	-96.3	33	7.4	3605.956395		6121.555248	GUERRERO,OAXACA
1931	1	15	16.1	-96.8	40	7.8		195.8038412		OAXACA
*1932	6	3	19.5	-104.3	33	8.2	2964836.911	28.85554021	12221710.1	NEAR COAST OF JALISCO
1932	6	18	19	-103.9	33	7.8		2.536562884		CENTRAL, JALISCO, COLIMA
*1932	6	22	19	-104.5	33	6.9	5929673.822	1978.284592	39101941.18	CENTRAL, COSTA COLIMA
1937	7	26	18.8	-97.5	85	7.3		61.76024734		CENTRAL, PUEBLA: ESPERANZA, VERACRUZ
*1937	12	23	16.7	-98.5	33	7.4	4469.767442	14.88448543	16632.54709	GUERRERO: OMETEPEC
*1940	5	19	32.4	-115.3	0	7.1	54914285.71	1052.412967	1155850127	MEXICALI
1941	4	15	18.3	-103.3	33	7.6		112.079569		MICHOACAN, COLIMA, JALISCO
1943	2	22	16.7	-101.5	33	7.4		250.5435996		GUERRERO: PARICUTIN VOLCANO FORMS
1948	12	4	22	-106.5	0	6.9		14.59328272		MARIA MADRE ISLAND, COSTA DE SINALOA
1951	7	9	16.1	-96.8		6.2		2.083468725		OAXACA: MIAHIATLAN



*1954	2	5	17.3	-92.6		6.2	81177639.75	18.91962543	255975089.5 CHIAPAS
**1957	7	28	16.4	-99.2	33	7.8	113997627.5	171.413241	122129392.5 ACAPULCO,MEXICO CITY
**1957	7	28	16.4	-99.2	33	7.8	72958481.61	162.1151703	173936421.6 GUERRERO
1959	5	24	17	-96.3	80	6.8		1.782589684	OAXACA;
**1959	8	26	18.2	-94.4	21	6.4	528384.8797	38.36379223	723958.8479 GULF OF CAMPECHE,SUR DE VERACRUZ
1962	5	11	17	-99.6	33	7.1		8.323555132	GUERRERO
1962	5	19	17.2	-99.5	33	7		62.42666349	GUERRERO
**1964	7	6	18.2	-100.4	10	6.5	12413347.69	78.43278912	24340337.03 GUERRERO
1964	7	6	18.3	-100.4	55	7.2		152.9439388	GUERRERO
1965	8	23	16.3	-95.8	12	7.4		8.091906256	OAXACA
*1968	8	2	16.5	-97.8	16	7.3	8853742.802	14.73555676	7248046.09 OAXACA, GUERRERO
1968	9	25	15.5	-92.7		5.7		43.09952999	GUATEMALA: S CHIAPAS
1973	1	30	18.4	-102.9	24	7.6		80.2583036	S, FARIAS, TECOMAN,COSTA DE MICHOACAN
1973	1	30	18.5	-103	24	7.6		29.54211664	NEAR COAST OF MICHOACAN, COLIMA, GOMEZ
1973	8	28	18.2	-96.5	82	7.3		379.9310016	VERACRUZ, MEXICO CITY
1973	8	28	18.2	-96.6	82	7.3		401.5486947	ORIZABA, CUIDAD SERDAN, CORDOBA, PUEBLA
1978	3	19	17.1	-99.7	44	6.6		1.313350194	ACAPULCO
1978	11	29	16.1	-96.5	23	7.6		5.057597579	OAXACA,MEXICO AFECT
**1979	3	14	17.8	-101.3	25	7.4	52971979.79	6.386642501	67662619.5 GUERRERO
1980	6	9	32.3	-115		6.4		1.410030342	NORTHWEST, MEXICALI, BC
1980	6	11	13.62	-91.22		5	30515202.03		43027360.77 MEXICALI
1980	10	24	18.2	-98.2	65	7.1		125.6058402	S, HUAJAPAN DE LEON, OAXACA,PUEBLA,MORELOS
**1980	10	24	18.2	-98.2	65	7.1	7781376.518	63.72864357	9917931.413 S,OAX
1981	10	25	18.2	-102	21	7.3		10.89723124	MICHOACAN: LAZARO CARDENAS
*1982	4	6	14.276	-92.074	45	6.7	116469686.2	35.67776856	207768925.5 COSTA MEX-GUATEMALA
1982	6	7	16.6	-205.58	19	6.9		1.201746521	GUERRERO, ORZIBA, OAXACA, GUADALUPE
**1985	9	19	18	-102.8	15	8.1	11465620094		12751156600 MICHOACAN
**1985	9	19	18.5	-102.3	15	8.1	4827629513	2110.663354	1698250117 MICHOACAN: MEXICO CITY,JALISCO
**1985	9	19	18.5	-102.3	15	8.1	4827629513	4536.114249	2495291593 MICHOACAN: MEXICO CITY
1987	11	24	33.083	-115.27	10	6.5		2.217167649	MEXICALI
1989	4	25	16.8	-99.3	23	6.8		1.510922917	MEXICO CITY, ACAPULCO
1993	9	10	14.7	-92.6	34	7.2		8.961320115	LA: SOUTHWEST; MEXICO: CHIAPAS
**1994	12	10	17.98	-101.52	53	6.6	162412.5068	0.917968817	149089.6167 COSTA GUERRERO
**1995	9	14	16.7	-98.5	21	7.3	18181663.3	0.692239537	4195355.395 GUERRERO, OAXACA, PUEBLA, MEXICO CITY
1995	10	9	19	-104.2	25	8	9439816.185	10.05424709	2791477.778 JALISCO, MANZANILLO, SAN PATRICIO

1995	10	20	-93.4	160	7.1		42.98828661		CHIAPAS, TUXTLA GUTIERREZ, NUEVO MEXICO
**1997	1	11	18.2	-102.7	40	7.1	1381950.437	0.90602529	1252082.045 MICHOACAN, ARTEAGA
**1999	6	15	18.3	-97.4	63	7	11486721.5	2.550850252	1953393.763 PUEBLA, VERACRUZ, OAXACA, MORELOS, GUERRE
**1999	9	30	16	-96.9	42	7.4	114108665.6	31.12281887	101468095.2 OAXACA, PUERTO ANGEL

**Tabla 2. Modelos**

	Variables dep vs ind	BIC	# Betas	Coef. corr. múltiple	Coef.Det R^2	R^2 ajustado	Error tipico	Obs.	F	Valor crítico	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$		
										de F								
1	daños vs muertes	1E+17	1	0.88	0.7753	0.765	3E+08	24	75.9	1E-08	2E+07	5E+05						quitar el 5
1 <sup>a</sup>	daños vs muertes	4E+16	1	0.95	0.907	0.903	2E+08	23	205	3E-12	4E+07	6E+05						quitando el 5, quitar 2,6,16
1b	daños vs muertes	6E+15	1	0.99	0.9829	0.982	7E+07	20	1033	2E-17	3E+07	5E+05						quitando el 2,6,16, quitar el 5, 13
1c	daños vs muertes	1E+15	1	1	0.9965	0.996	4E+07	18	4592	4E-21	9E+06	5E+05						quitando el 5, 13
2	ln(daños) vs ln(muertes)	6.154	1	0.66	0.4312	0.405	2.372	24	16.7	0.0005	13.51	0.82						quitar el 1,6
2a	ln(daños) vs ln(muertes)	3.274	1	0.76	0.5815	0.561	1.726	22	27.8	4E-05	14.17	0.774						quitando el 1,6, quitar el 9
2b	ln(daños) vs ln(muertes)	2.709	1	0.8	0.6368	0.618	1.569	21	33.3	1E-05	14.35	0.77						quitando el 9
3	ln(daños) vs muertes	7.573	1	0.55	0.3001	0.268	2.631	24	9.43	0.0056	15.83	0.002						quitar el 6
3a	ln(daños) vs muertes	5.882	1	0.58	0.3309	0.299	2.316	23	10.4	0.0041	16.15	0.001						quitando el 6
4	ln(daños)vsmuertes,l(0,1)	8.508	2	0.56	0.3126	0.247	2.669	24	4.78	0.0195	15.75	0.001	1.069					quitar el 6
4a	ln(daños)vsmuertes,l(0,1)	6.651	2	0.58	0.3413	0.275	2.355	23	5.18	0.0154	16.09	0.001	0.859					quitando el 6
5	ln(daños)vsln(muertes),l(0,1)	6.457	2	0.69	0.4783	0.429	2.325	24	9.63	0.0011	13.49	0.744	1.822					quitar el 6
5 <sup>a</sup>	ln(daños)vsln(muertes),l(0,1)	4.688	2	0.73	0.5358	0.489	1.977	23	11.5	0.0005	13.92	0.708	1.579					quitando el 6, quitar el 1
5b	ln(daños)vsln(muertes),l(0,1)	3.455	2	0.79	0.6173	0.577	1.694	22	15.3	0.0001	14.14	0.721	1.294					quitando el 1, quitar el 9
5c	ln(daños)vsln(muertes),l(0,1)	2.899	2	0.82	0.6647	0.627	1.548	21	17.8	5E-05	14.32	0.725	1.093					quitando el 9
6	ln(daños)vs ln(profundidad)	12.33	1	0.4	0.1604	0.122	3.357	24	4.2	0.0524	25.33	-2.744						quitar el 4
6a	ln(daños)vs ln(profundidad)	10.24	1	0.41	0.1695	0.13	3.056	23	4.29	0.051	24.93	-2.529						quitando el 4, quitar el 6
6b	ln(daños)vs ln(profundidad)	8.434	1	0.42	0.1796	0.139	2.771	22	4.38	0.0494	24.54	-2.325						quitando el 6
7	ln(daños)vs profundidad	12.93	1	0.35	0.1192	0.079	3.438	24	2.98	0.0985	18.79	-0.082						quitar el 4
7a	ln(daños)vs profundidad	10.62	1	0.37	0.1386	0.098	3.113	23	3.38	0.0802	19.02	-0.079						quitando el 4, quitar el 6
7b	ln(daños)vs profundidad	8.605	1	0.4	0.1629	0.121	2.799	22	3.89	0.0625	19.24	-0.076						quitando el 6
8	ln(daños)vs Richter	13.39	1	0.23	0.0535	0.016	3.508	27	1.41	0.2458	8.342	1.148						quitar el 4,7
8a	ln(daños)vs Richter	8.584	1	0.36	0.1292	0.091	2.804	25	3.41	0.0776	6.918	1.432						quitando el 4,7

9	ln(daños)vs ln(Richter)	13.58	1	0.2	0.0404	0.002	3.533	27	1.05	0.315	3.358	6.726			quitar el 4,7
9a	ln(daños)vs ln(Richter)	8.804	1	0.33	0.1069	0.068	2.84	25	2.75	0.1106	-0.089	8.793			quitando el 4,7
10	daños vs Richter	6E+18	1	0.34	0.1123	0.077	2E+09	27	3.16	0.0876	-8E+09	1E+09			quitar el 19
10a	daños vs Richter	4E+17	1	0.36	0.13	0.094	6E+08	26	3.59	0.0704	-2E+09	3E+08			quitando el 19,quitar el 19,20
10b	daños vs Richter	6E+16	1	0.01	0.0002	-0.045	2E+08	24	0	0.945	1E+08	-5E+06			quitando el 19,20, quitar el 8
10c	daños vs Richter	6E+15	1	0.09	0.0081	-0.039	8E+07	23	0.17	0.6829	1E+08	-1E+07			quitando el 8, quitar el 8,17
10d	daños vs Richter	3E+15	1	0.23	0.0531	0.003	5E+07	21	1.07	0.3148	-8E+07	2E+07			quitando el 8,17, quitar el 9
10e	daños vs Richter	2E+15	1	0.11	0.0114	-0.043	4E+07	20	0.21	0.6537	-2E+07	6E+06			quitando el 9, quitar el 8
10f	daños vs Richter	1E+15	1	0.06	0.0033	-0.055	3E+07	19	0.06	0.814	4E+07	-3E+06			quitando el 8
11	daños vs ln(Richter)	6E+18	1	0.31	0.0957	0.06	2E+09	27	2.65	0.1164	-1E+10	7E+09			quitar el 19
11a	daños vs ln(Richter)	4E+17	1	0.33	0.1109	0.074	6E+08	26	2.99	0.0965	-3E+09	2E+09			quitando el 19, quitar el 19,20
11b	daños vs ln(Richter)	6E+16	1	0.01	4E-05	-0.045	2E+08	24	0	0.9766	1E+08	-1E+07			quitando el 19,20, quitar el 8
12	daños vs profundidad	7E+18	1	0.3	0.0873	0.046	3E+09	24	2.1	0.161	2E+09	-5E+07			quitar el 16
12a	daños vs profundidad	4E+17	1	0.34	0.1157	0.074	6E+08	23	2.75	0.1122	7E+08	-1E+07			quitando el 16, quitar el 16,17
12b	daños vs profundidad	4E+15	1	0.03	0.0008	-0.052	6E+07	21	0.01	0.905	4E+07	1E+05			quitando el 16,17
13	ln(daños) vs richter, profundidad	12.25	2	0.52	0.2708	0.201	3.202	24	3.9	0.0363	-1.131	2.614	-0.06		quitar 4,7
13a	ln(daños) vs richter, profundidad	6.497	2	0.67	0.4522	0.395	2.323	22	7.84	0.0033	-2.69	2.88	-0.05		quitando el 4,7, quitar el 13
13b	ln(daños) vs richter, profundidad	5.232	2	0.76	0.5715	0.524	2.08	21	12	0.0005	-5.304	3.25	-0.06		quitando el 13, quitar el 18
13c	ln(daños) vs richter, profundidad	4.742	2	0.72	0.517	0.46	1.976	20	9.1	0.0021	-2.972	2.875	-0.05		quitando el 18, quitar el 17
13d	ln(daños) vs richter, profundidad	3.692	2	0.8	0.6406	0.596	1.74	19	14.3	0.0003	-6.483	3.398	-0.05		quitando el 17, quitar el 4
13e	<b>ln(daños) vs richter, profundidad</b>	2.781	2	<b>0.86</b>	<b>0.7473</b>	<b>0.714</b>	<b>1.506</b>	<b>18</b>	<b>22.2</b>	<b>3E-05</b>	<b>-12.01</b>	<b>4.165</b>	-0.05		quitando el 4
14	ln(daños) vs ln(richter),prof	12.32	2	0.52	0.2667	0.197	3.211	24	3.82	0.0385	-19.23	18.75	-0.06		quitar el 4,7
14a	ln(daños) vs ln(richter),prof	6.477	2	0.67	0.4539	0.396	2.319	22	7.9	0.0032	-23.36	21.02	-0.05		quitando el 4,7, quitar el 13
14b	ln(daños) vs ln(richter),prof	5.189	2	0.76	0.575	0.528	2.072	21	12.2	0.0005	-28.74	23.78	-0.06		quitando el 13, quitar el 18
14c	ln(daños) vs ln(richter),prof	3.964	2	0.83	0.6879	0.651	1.807	20	18.7	5E-05	-35.5	27.31	-0.06		quitando el 18, quitar el 4
14d	<b>ln(daños) vs ln(richter),prof</b>	2.969	2	<b>0.88</b>	<b>0.7807</b>	<b>0.753</b>	<b>1.56</b>	<b>19</b>	<b>28.5</b>	<b>5E-06</b>	<b>-45.37</b>	<b>32.29</b>	-0.05		quitando el 4
15	ln(daños)vsrichter,ln(prof)	11.46	2	0.56	0.3176	0.253	3.097	24	4.89	0.0181	4.388	2.614	-2.19		quitar el 4,7
15a	ln(daños)vsrichter,ln(prof)	6.114	2	0.7	0.4845	0.43	2.253	22	8.93	0.0018	1.208	2.907	-1.68		quitando el 4,7, quitar el 13
15b	ln(daños)vsrichter,ln(prof)	4.662	2	0.79	0.6181	0.576	1.964	21	14.6	0.0002	-0.759	3.307	-2.05		quitando el 13, quitar el 18
15c	ln(daños)vsrichter,ln(prof)	3.492	2	0.85	0.7251	0.693	1.696	20	22.4	2E-05	-4.27	3.798	-2.01		quitando el 18, quira el 4
15d	<b>ln(daños)vsrichter,ln(prof)</b>	2.523	2	<b>0.9</b>	<b>0.8136</b>	<b>0.79</b>	<b>1.438</b>	<b>19</b>	<b>34.9</b>	<b>1E-06</b>	<b>-10.06</b>	<b>4.495</b>	-1.72		quitar el 4
16	ln(daños) vs ln(richter), ln(prof)	11.52	2	0.56	0.3143	0.249	3.105	24	4.81	0.019	-13.77	18.82	-2.22		quitar el 4,7

16a	ln(daños) vs ln(richter), ln(prof)	6.087	2	0.7	0.4868	0.433	2.249	22	9.01	0.0018	-19.65	21.25	-1.71		quitando e, 4,7, quitar el 13
16b	ln(daños) vs ln(richter), ln(prof)	4.61	2	0.79	0.6224	0.58	1.953	21	14.8	0.0002	-24.61	24.24	-2.08		quitando el 13, quitar el 18
16c	ln(daños) vs ln(richter), ln(prof)	3.455	2	0.85	0.728	0.696	1.687	20	22.8	2E-05	-31.46	27.73	-2.05		quitando el 18, quitar el 4
<b>16d</b>	<b>ln(daños) vs ln(richter), ln(prof)</b>	<b>2.579</b>	<b>2</b>	<b>0.9</b>	<b>0.8094</b>	<b>0.786</b>	<b>1.454</b>	<b>19</b>	<b>34</b>	<b>2E-06</b>	<b>-41.33</b>	<b>32.39</b>	<b>-1.79</b>		quitando el 4
17	ln(daños)vs richer,prof,R*P	12.98	3	0.57	0.3246	0.223	3.158	24	3.2	0.0453	-25.39	6.03	0.913	-0.137	quitar el 4,7
17a	ln(daños)vs richer,prof,R*P	7.148	3	0.69	0.4778	0.391	2.33	22	5.49	0.0074	-16.16	4.775	0.492	-0.076	quitando el 4,7
17b	ln(daños)vs richer,prof,R*P	5.983	3	0.76	0.5774	0.503	2.126	21	7.74	0.0018	-11.74	4.155	0.206	-0.037	quitando el 13
17c	ln(daños)vs richer,prof,R*P	4.599	3	0.83	0.6894	0.631	1.858	20	11.8	0.0002	-13.67	4.448	0.147	-0.029	quitando el 18, quitar el 4
<b>17d</b>	<b>ln(daños)vs richer,prof,R*P</b>	<b>3.291</b>	<b>3</b>	<b>0.89</b>	<b>0.7926</b>	<b>0.751</b>	<b>1.567</b>	<b>19</b>	<b>19.1</b>	<b>2E-05</b>	<b>-7.347</b>	<b>3.534</b>	<b>-0.35</b>	<b>0.043</b>	quitando el 4
18	ln(daños)vs ln@,ln(prof),R*P	12.21	3	0.6	0.3648	0.269	3.062	24	3.83	0.0257	1.887	16.91	-7.74	0.029	quitar el 4,7,15
18a	ln(daños)vs ln@,ln(prof),R*P	4.816	3	0.81	0.6598	0.6	1.907	21	11	0.0003	-13.78	22.97	-5.95	0.02	quitando el 4,7,15, quitar el 18
18b	ln(daños)vs ln@,ln(prof),R*P	3.661	3	0.87	0.7528	0.706	1.658	20	16.2	4E-05	-22.31	26.52	-5.18	0.016	quitando el 18, quitar el 4
18c	ln(daños)vs ln@,ln(prof),R*P	2.653	3	0.91	0.8328	0.799	1.407	19	24.9	4E-06	-32.37	31.17	-4.83	0.016	quitando el 4, quitar el 4
<b>18d</b>	<b>ln(daños)vs ln@,ln(prof),R*P</b>	<b>1.857</b>	<b>3</b>	<b>0.94</b>	<b>0.8912</b>	<b>0.868</b>	<b>1.173</b>	<b>18</b>	<b>38.2</b>	<b>5E-07</b>	<b>-31.36</b>	<b>32.1</b>	<b>-6.19</b>	<b>0.022</b>	quitando el 4
19	ln(daños)vs ln@,ln(prof),ln(R*P)	13.18	3	0.56	0.3143	0.211	3.182	24	3.06	0.052	-13.77	18.14	-2.91	0.681	quitar el 4,7
19a	ln(daños)vs ln@,ln(prof),ln(R*P)	24.22	3	####	-0.769	-1.064	4.289	22	-2.6	#¡NUM!	-101.3	3E+14	3E+14	-3E+14	quitando el 4,7
20	ln(daños)vsln(muertes,l(0,1),Richter	7.338	3	0.69	0.4819	0.404	2.374	24	6.2	0.0037	10.89	0.732	1.572	0.372	quitar el 6
20a	ln(daños)vsln(muertes,l(0,1),Richter	5.174	3	0.74	0.554	0.484	1.988	23	7.87	0.0013	8.714	0.682	1.066	0.749	quitando el 6, quitar el 1,7
20b	ln(daños)vsln(muertes,l(0,1),Richter	3.146	3	0.84	0.7054	0.653	1.541	21	13.6	9E-05	7.163	0.703	0.875	0.957	quitando el 1,7, quitar el 13
20c	ln(daños)vsln(muertes,l(0,1),Richter	2.484	3	0.88	0.7744	0.732	1.366	20	18.3	2E-05	4.311	0.689	0.853	1.333	quitando el 13, quitar el 11
20d	ln(daños)vsln(muertes,l(0,1),Richter	2.008	3	0.91	0.8283	0.794	1.224	19	24.1	5E-06	5.314	0.732	1.075	1.148	quitando el 11, quitar el 5
20e	ln(daños)vsln(muertes,l(0,1),Richter	1.551	3	0.93	0.8585	0.828	1.072	18	28.3	3E-06	4.396	0.653	1.294	1.29	quitando el 5, quitar el 18
20f	ln(daños)vsln(muertes,l(0,1),Richter	1.106	3	0.95	0.9039	0.882	0.903	17	40.8	7E-07	5.159	0.658	1.545	1.157	quitando el 18, quitar el 10
<b>20g</b>	<b>ln(daños)vsln(muertes,l(0,1),Richter</b>	<b>1.206</b>	<b>3</b>	<b>0.95</b>	<b>0.9038</b>	<b>0.88</b>	<b>0.939</b>	<b>16</b>	<b>37.6</b>	<b>2E-06</b>	<b>5.159</b>	<b>0.658</b>	<b>1.545</b>	<b>1.157</b>	quitando el 10
21	ln(daños)vsln(muertes),Richter	6.761	2	0.67	0.4538	0.402	2.379	24	8.72	0.0017	7.647	0.769	0.839		quitar el 6
21a	ln(daños)vsln(muertes),Richter	4.669	2	0.73	0.5376	0.491	1.973	23	11.6	0.0004	6.473	0.705	1.073		quitando el 6, quitar el 1,7
21b	ln(daños)vsln(muertes),Richter	2.837	2	0.83	0.6921	0.658	1.532	21	20.2	2E-05	5.095	0.721	1.254		quitando el 1,7, quitar el 13
<b>21c</b>	<b>ln(daños)vsln(muertes),Richter</b>	<b>2.256</b>	<b>2</b>	<b>0.87</b>	<b>0.7612</b>	<b>0.733</b>	<b>1.363</b>	<b>20</b>	<b>27.1</b>	<b>5E-06</b>	<b>2.283</b>	<b>0.707</b>	<b>1.625</b>		quitando el 13
22	ln(daños)vsln(muertes),ln(Richter)	6.772	2	0.67	0.4529	0.401	2.381	24	8.69	0.0018	2.014	0.771	5.917		quitar el 6
22a	ln(daños)vsln(muertes),ln(Richter)	4.67	2	0.73	0.5375	0.491	1.973	23	11.6	0.0004	-1.023	0.707	7.719		quitando el 6, quitar el 1,7
22b	ln(daños)vsln(muertes),ln(Richter)	2.805	2	0.83	0.6955	0.662	1.523	21	20.6	2E-05	-4.416	0.721	9.401		quitando el 1,7, quitar el 13
<b>22c</b>	<b>ln(daños)vsln(muertes),ln(Richter)</b>	<b>2.206</b>	<b>2</b>	<b>0.88</b>	<b>0.7665</b>	<b>0.739</b>	<b>1.348</b>	<b>20</b>	<b>27.9</b>	<b>4E-06</b>	<b>-10.02</b>	<b>0.707</b>	<b>12.17</b>		quitando el 13

23	ln(daños)vs muertes,ln(Richter)	8.477	2	0.56	0.3152	0.25	2.664	24	4.83	0.0188	5.821	0.001	5.105				quitar el 6
<b>23a</b>	<b>ln(daños)vs muertes,ln(Richter)</b>	6.362	2	<b>0.61</b>	<b>0.3699</b>	<b>0.307</b>	<b>2.303</b>	<b>23</b>	<b>5.87</b>	<b>0.0099</b>	<b>1.906</b>	<b>0.001</b>	<b>7.275</b>				quitando el 6
24	ln(daños)vsln(muertes),R,prof,	6.645	3	0.72	0.52	0.44	2.247	22	6.5	0.0036	1.548	0.681	1.695	-0.003			quitar el 6
24a	ln(daños)vsln(muertes),R,prof,	3.974	3	0.8	0.6467	0.584	1.732	21	10.4	0.0004	0.568	0.618	1.905	-0.003			quitando el 6,quitar el 1,13
<b>24b</b>	<b>ln(daños)vsln(muertes),R,prof,</b>	2.267	3	<b>0.88</b>	<b>0.7807</b>	<b>0.737</b>	<b>1.3</b>	<b>19</b>	<b>17.8</b>	<b>3E-05</b>	<b>1.751</b>	<b>0.603</b>	<b>1.796</b>	-0.015			quitando el 1,13
25	ln(daños)vsln(muertes,R,prof,I(0,1)	7.209	4	0.74	0.5489	0.443	2.241	22	5.17	0.0065	4.414	0.655	1.24	0.005	1.55		quitar el 6
25a	ln(daños)vsln(muertes,R,prof,I(0,1)	4.406	4	0.81	0.6623	0.578	1.746	21	7.84	0.0011	2.459	0.603	1.604	0.002	1		quitando el 6, quitar el 1,13
25b	ln(daños)vsln(muertes,R,prof,I(0,1)	2.431	4	0.89	0.7995	0.742	1.287	19	14	9E-05	3.702	0.59	1.486	-0.009	0.98		quitando el 1, 13,quitar el 10
25c	ln(daños)vsln(muertes,R,prof,I(0,1)	1.83	4	0.93	0.8585	0.815	1.113	18	19.7	2E-05	4.408	0.652	1.291	-4E-04	1.29		quitando el 10, quitar el 18
<b>25d</b>	<b>ln(daños)vsln(muertes,R,prof,I(0,1)</b>	1.3	4	<b>0.95</b>	<b>0.905</b>	<b>0.873</b>	<b>0.934</b>	<b>17</b>	<b>28.6</b>	<b>5E-06</b>	<b>5.334</b>	<b>0.644</b>	1.166	-0.006	1.49		quitando el 18
26	ln(daños)vsln(muertes),R,prof,R*P	7.605	4	0.72	0.5241	0.412	2.302	22	4.68	0.0099	-4.523	0.669	2.563	0.229	-0		quitar el 6
26a	ln(daños)vsln(muertes),R,prof,R*P	4.605	4	0.8	0.647	0.559	1.785	21	7.33	0.0015	-1.081	0.615	2.141	0.06	-0		quitando el 6, quitar el 1,13
<b>26b</b>	<b>ln(daños)vsln(muertes),R,prof,R*P</b>	2.654	4	<b>0.88</b>	<b>0.781</b>	<b>0.718</b>	<b>1.345</b>	<b>19</b>	<b>12.5</b>	<b>0.0002</b>	<b>3.177</b>	<b>0.605</b>	<b>1.593</b>	-0.072	0.01		quitando el 1,13
27	ln(daños)vsln(muertes),ln(richter),ln(prof),R*P	7.263	4	0.74	0.5455	0.439	2.25	22	5.1	0.0069	-1.684	0.628	11.72	-3.264	0.01		quitar el 6,14
<b>27a</b>	<b>ln(daños)vsln(muertes),ln(R),ln(prof),R*P</b>	2.823	4	<b>0.89</b>	<b>0.7884</b>	<b>0.732</b>	<b>1.392</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>6E-05</b>	<b>-10.28</b>	<b>0.51</b>	<b>16.7</b>	-3.42	0.01		quitando el 6,14
28	ln(daños)vsln(muertes),ln@,I(0,1)	7.341	3	0.69	0.4817	0.404	2.375	24	6.2	0.0038	8.472	0.733	2.585	1.584			quitar el 6
28a	ln(daños)vsln(muertes),ln@,I(0,1)	5.172	3	0.74	0.5542	0.484	1.988	23	7.87	0.0013	3.45	0.683	5.403	1.071			quitando el 6, quitar el 1,7
28b	ln(daños)vsln(muertes),ln@,I(0,1)	3.116	3	0.84	0.7083	0.657	1.534	21	13.8	8E-05	-0.352	0.703	7.306	0.853			quitando el 1,7, quitar el 13
28c	ln(daños)vsln(muertes),ln@,I(0,1)	2.434	3	0.88	0.779	0.738	1.352	20	18.8	2E-05	-6.043	0.689	10.12	0.829			quitando el 13, quitar el 11
28d	ln(daños)vsln(muertes),ln@,I(0,1)	1.97	3	0.91	0.8317	0.798	1.212	19	24.7	5E-06	-3.601	0.732	8.715	1.054			quitando el 11, quitar el 5
28e	ln(daños)vsln(muertes),ln@,I(0,1)	1.517	3	0.93	0.8616	0.832	1.061	18	29	3E-06	-5.332	0.654	9.645	1.279			quitando el 5, quitar el 18
<b>28f</b>	<b>ln(daños)vsln(muertes),ln@,I(0,1)</b>	1.085	3	<b>0.95</b>	<b>0.9058</b>	<b>0.884</b>	<b>0.894</b>	<b>17</b>	<b>41.7</b>	<b>6E-07</b>	<b>-3.478</b>	<b>0.659</b>	<b>8.607</b>	1.534			quitando el 18
29	ln(daños)vsln(muertes),ln@,ln(prof),I(0,1)	7.178	4	0.74	0.5508	0.445	2.236	22	5.21	0.0063	-4.147	0.632	9.285	-0.163	1.44		quitar el 6
29a	ln(daños)vsln(muertes),ln@,ln(prof),I(0,1)	4.33	4	0.82	0.6682	0.585	1.731	21	8.05	0.0009	-9.2	0.589	12.08	-0.144	0.92		quitando el 6, quitar el 1,13
29b	ln(daños)vsln(muertes),ln@,ln(prof),I(0,1)	2.338	4	0.9	0.8072	0.752	1.262	19	14.6	7E-05	-7.356	0.574	11.61	-0.413	0.92		quitando el 1,13, quitar el 10
29c	ln(daños)vsln(muertes),ln@,ln(prof),I(0,1)	1.773	4	0.93	0.863	0.821	1.095	18	20.5	2E-05	-5.19	0.635	9.947	-0.199	1.21		quitando el 10, quitar el 18
<b>29d</b>	<b>ln(daños)vsln(muertes),ln@,ln(prof),I(0,1)</b>	1.212	4	<b>0.95</b>	<b>0.9114</b>	<b>0.882</b>	<b>0.902</b>	<b>17</b>	<b>30.9</b>	<b>3E-06</b>	<b>-3.091</b>	<b>0.621</b>	<b>9.152</b>	-0.396	1.41		quitando el 18
30	ln(daños)vsln@,ln(prof),I(0,1)	12.85	3	0.58	0.3314	0.231	3.142	24	3.3	0.0413	-9.418	16.16	-2.01	1.396			quitar el 4,7
30a	ln(daños)vsln@,ln(prof),I(0,1)	6.993	3	0.7	0.4891	0.404	2.305	22	5.74	0.0061	-18.3	20.43	-1.65	0.415			quitando el 4,7, quitar el 13
30b	ln(daños)vsln@,ln(prof),I(0,1)	5.328	3	0.79	0.6237	0.557	2.006	21	9.39	0.0007	-23.62	23.64	-2.04	0.299			quitando el 13, quitar el 18
30c	ln(daños)vsln@,ln(prof),I(0,1)	3.988	3	0.85	0.7307	0.68	1.73	20	14.5	8E-05	-33.22	28.77	-2.11	-0.447			quitando el 18, quitar el 4
30d	ln(daños)vsln@,ln(prof),I(0,1)	2.656	3	0.91	0.8326	0.799	1.408	19	24.9	5E-06	-48.6	36.46	-1.94	-1.392			quitando el 4, quitar el 9

30e	ln(daños)vsln@,ln(prof),l(0,1)	2.049	3	0.94	0.8793	0.853	1.233	18	34	1E-06	-49.61	37.61	-2.25	-1.822				quitando el 9, quitar el 4
<b>30f</b>	<b>ln(daños)vsln@,ln(prof),l(0,1)</b>	1.616	<b>3</b>	<b>0.96</b>	<b>0.9121</b>	<b>0.892</b>	<b>1.091</b>	<b>17</b>	<b>44.9</b>	<b>4E-07</b>	<b>-51.21</b>	<b>38.43</b>	<b>-2.3</b>	<b>-1.747</b>				quitando el 4
31	ln(daños)vsln@,prof,l(0,1)	13.64	3	0.54	0.29	0.184	3.237	24	2.72	0.0715	-13.83	15.77	-0.05	1.624				quitar el 4,7
32	ln(daños)vs@,prof,l(0,1)	13.58	3	0.54	0.2933	0.187	3.23	24	2.77	0.0686	1.312	2.209	-0.05	1.596				quitar el 4,8
33	ln(daños)vsln@,l(0,1)	14.3	2	0.33	0.1071	0.033	3.478	27	1.44	0.2569	9.652	3.32	2.712					quitar el 4
34	ln(daños)vsRichter,l(0,1)	14.21	2	0.34	0.1126	0.039	3.467	27	1.52	0.2384	11.61	0.639	2.578					quitar el 4
35	ln(daños)vsln@,ln(prof),l(0,1),l85(0,1)	12.41	4	0.66	0.4359	0.317	2.961	24	3.67	0.0223	2.323	8.516	-1.1	0.282	4.69			quitar el 4,7
36	ln(daños)vsln@,ln(prof),l85(0,1)	10.85	3	0.66	0.4353	0.351	2.887	24	5.14	0.0085	1.807	8.822	-1.11	4.807				quitar el 4,7
37	ln(daños)vsln@,prof,l(0,1),l85(0,1)	12.69	4	0.65	0.4229	0.301	2.995	24	3.48	0.0271	0.962	7.693	-0.02	0.316	5.12			quitar el 4,7
38	ln(daños)vsln@,l(0,1),l85(0,1)	12.42	3	0.56	0.3147	0.225	3.112	27	3.52	0.031	19.59	-1.918	0.457	6.166				quitar el 4,7
39	ln(daños)vsln(prof),l(0,1),l85(0,1)	11.27	3	0.64	0.4138	0.326	2.942	24	4.71	0.0121	18.75	-1	0.635	5.587				quitar el 4,7
40	ln(daños)vsln(muertes),richter,prof,l(0,1),l85(0,1)	8.32	5	0.74	0.5492	0.408	2.309	22	3.9	0.0168	4.606	0.642	1.219	0.005	1.45	0.278		quitar el 6
40a	ln(daños)vsln(muertes),richter,prof,l(0,1),l85(0,1)	5.104	5	0.81	0.6629	0.551	1.801	21	5.9	0.0033	2.7	0.586	1.578	0.002	0.88	0.352		quitando el 6, quitar el 1, 13
40b	ln(daños)vsln(muertes),richter,prof,l(0,1),l85(0,1)	2.842	5	0.89	0.8002	0.723	1.333	19	10.4	0.0003	3.964	0.573	1.457	-0.009	0.86	0.357		quitando el 1, 13, quitar el 10
40c	ln(daños)vsln(muertes),richter,prof,l(0,1),l85(0,1)	2.159	5	0.93	0.8587	0.8	1.157	18	14.6	1E-04	4.523	0.645	1.278	-4E-04	1.23	0.16		quitando el 10, quitar el 18
<b>40d</b>	<b>ln(daños)vsln(muertes),R,prof,l(0,1),l85(0,1)</b>	1.541	<b>5</b>	<b>0.95</b>	<b>0.9053</b>	<b>0.862</b>	<b>0.974</b>	<b>17</b>	<b>21</b>	<b>3E-05</b>	<b>5.504</b>	<b>0.633</b>	<b>1.148</b>	-0.006	1.41	0.233		quitando el 18
41	ln(daños)vsln(muertes),richter,prof,l85(0,1)	7.487	4	0.73	0.5314	0.421	2.284	22	4.82	0.0088	3.552	0.604	1.428	1E-04	1.48			quitar el 6
42	ln(daños)vsln(muertes)ln@,prof,l(0,1),l85(0,1)	8.285	5	0.74	0.551	0.411	2.305	22	3.93	0.0163	-4.413	0.642	9.033	0.005	1.42	0.304		quitar el 6
43	ln(daños)vsln(muertes)ln@,l(0,1),l85(0,1)	8.398	4	0.69	0.4819	0.373	2.436	24	4.42	0.0108	8.722	0.722	2.476	1.485	0.26			quitar el 6
44	ln(daños)vsln(muertes),Richter,l(0,1),l85(0,1)	8.395	4	0.69	0.4821	0.373	2.435	24	4.42	0.0108	11.04	0.722	0.357	1.482	0.24			quitar el 6
45	ln(daños)vsln(muertes)ln@,l85(0,1)	7.602	3	0.68	0.4632	0.383	2.417	24	5.75	0.0053	5.768	0.693	4.044	2.185				quitar el 6
46	ln(daños)vsln(muertes),R,l85(0,1)	7.593	3	0.68	0.4639	0.383	2.415	24	5.77	0.0052	9.477	0.692	0.592	2.201				quitar el 6
47	ln(daños)vsln@,l85(0,1)	11	2	0.56	0.3132	0.256	3.05	27	5.47	0.011	19.09	-1.641	6.393					quitar el 4,7
48	ln(daños)vsRichter,l85(0,1)	11.01	2	0.56	0.3124	0.255	3.052	27	5.45	0.0112	17.24	-0.191	6.358					quitar el 4,7
49	ln(daños)vs@,ln(prof),l(0,1)	12.8	3	0.58	0.3341	0.234	3.135	24	3.35	0.0397	6.12	2.252	-1.98	1.371				quitar el 4,7
49a	ln(daños)vs@,ln(prof),l(0,1)	7.022	3	0.7	0.4869	0.401	2.31	22	5.69	0.0064	1.772	2.793	-1.62	0.421				quitando el 4,7quitar el 13
49b	ln(daños)vs@,ln(prof),l(0,1)	5.387	3	0.79	0.6195	0.552	2.017	21	9.22	0.0008	-0.337	3.222	-2	0.31				quitando el 13, quitar el 18
49c	ln(daños)vs@,ln(prof),l(0,1)	4.031	3	0.85	0.7278	0.677	1.74	20	14.3	9E-05	-5.017	3.94	-2.07	-0.447				quitando el 18, quitar el 4
49d	ln(daños)vs@,ln(prof),l(0,1)	2.549	3	0.92	0.8393	0.807	1.379	19	26.1	3E-06	-13.64	5.097	-1.87	-1.474				quitar el 9
49e	ln(daños)vs@,ln(prof),l(0,1)	2	3	0.94	0.8822	0.857	1.218	18	35	9E-07	-13.4	5.232	-2.16	-1.875				quitando el 9, quitar el 4
<b>49f</b>	<b>ln(daños)vs@,ln(prof),l(0,1)</b>	1.537	<b>3</b>	<b>0.96</b>	<b>0.9164</b>	<b>0.897</b>	<b>1.064</b>	<b>17</b>	<b>47.5</b>	<b>3E-07</b>	<b>-14.28</b>	<b>5.354</b>	<b>-2.22</b>	<b>-1.803</b>				<b>quitando el 4</b>
50	ln(daños)vs richter,prof,l(0,1)l85(0,1)	12.7	4	0.65	0.4227	0.301	2.995	24	3.48	0.0271	8.486	1.061	-0.02	0.323	5.09			quitar el 4,7

50a	ln(daños)vs richter,prof,I(0,1)i85(0,1)	6.474	4	0.77	0.5903	0.494	2.124	22	6.12	0.0031	4.174	1.775	-0.02	-0.453	4.16		quitar el 13
50b	<b>ln(daños)vs richter,prof,I(0,1)i85(0,1)</b>	5.139	4	<b>0.83</b>	<b>0.6871</b>	<b>0.609</b>	<b>1.885</b>	<b>21</b>	<b>8.78</b>	<b>0.0006</b>	<b>1.135</b>	<b>2.219</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.446</b>	<b>3.78</b>		
51	ln(daños)vsR,prof,I(0,1),I85(0,1),R*P	14.27	5	0.66	0.4333	0.276	3.049	24	2.75	0.0512	28.22	-1.781	-0.68	0.372	6.72	0.095	quitar 4,7
51a	ln(daños)vsR,prof,I(0,1),I85(0,1),R*P	6.875	5	0.79	0.6233	0.506	2.099	22	5.29	0.0047	31.86	-2.208	-0.95	-0.399	6.43	0.133	quitar el 13
51b	<b>ln(daños)vsR,prof,I(0,1),I85(0,1),R*P</b>	4.549	5	<b>0.87</b>	<b>0.7613</b>	<b>0.682</b>	<b>1.701</b>	<b>21</b>	<b>9.57</b>	<b>0.0003</b>	<b>42.71</b>	<b>-3.762</b>	<b>-1.45</b>	<b>-0.363</b>	<b>7.16</b>	<b>0.203</b>	
52	ln(daños)vsln@,prof,I(0,1),I85(0,1),R*P	14.28	5	0.66	0.4327	0.275	3.051	24	2.75	0.0516	37.68	-11.28	-0.63	0.373	6.54	0.088	quitar el 4,7
53	ln(daños)vs@,ln(prof),I(0,1),I85(0,1),R*P	13.31	5	0.69	0.4715	0.325	2.944	24	3.21	0.0302	22.14	1.014	-5.86	0.508	4.26	0.024	quitar el 4,7
53a	ln(daños)vs@,ln(prof),I(0,1),I85(0,1),R*P	7.107	5	0.78	0.6105	0.489	2.134	22	5.02	0.0059	11.35	1.769	-3.16	-0.318	3.73	0.012	quitar el 13
53b	<b>ln(daños)vs@,ln(prof),I(0,1),I85(0,1),R*P</b>	5.15	5	<b>0.85</b>	<b>0.7298</b>	<b>0.64</b>	<b>1.809</b>	<b>21</b>	<b>8.1</b>	<b>0.0007</b>	<b>11.21</b>	<b>2.27</b>	<b>-4.62</b>	<b>-0.247</b>	<b>3.11</b>	<b>0.017</b>	
54	ln(daños)vsln@,prof,I(0,1),R*P	14.8	4	0.57	0.3268	0.185	3.234	24	2.31	0.0956	-58.19	38.52	0.791	1.054	-0.1		quitar el 4,7
54a	<b>ln(daños)vsln@,prof,I(0,1),R*P</b>	8.179	4	<b>0.69</b>	<b>0.4824</b>	<b>0.361</b>	<b>2.387</b>	<b>22</b>	<b>3.96</b>	<b>0.0189</b>	<b>-50.58</b>	<b>34.91</b>	<b>0.507</b>	<b>0.171</b>	<b>-0.1</b>		
55	ln(daños)vs ln@,ln(prof),R*P,I(0,1)	13.51	4	0.62	0.3858	0.257	3.089	24	2.98	0.0455	7.351	13.87	-7.73	1.55	0.03		quitar 4,7,15
55a	ln(daños)vs ln@,ln(prof),R*P,I(0,1)	5.54	4	0.81	0.6626	0.578	1.958	21	7.86	0.0011	-12.02	22.04	-5.98	0.45	0.02		quitar el 18
55b	ln(daños)vs ln@,ln(prof),R*P,I(0,1)	4.251	4	0.87	0.7538	0.688	1.708	20	11.5	0.0002	-23.65	27.2	-5.14	-0.281	0.02		quitar el 5
55c	ln(daños)vs ln@,ln(prof),R*P,I(0,1)	2.785	4	0.92	0.8503	0.808	1.378	19	19.9	1E-05	-39.82	34.89	-4.6	-1.223	0.01		quitar 4,9
55d	<b>ln(daños)vs ln@,ln(prof),R*P,I(0,1)</b>	1.275	4	<b>0.97</b>	<b>0.9416</b>	<b>0.922</b>	<b>0.925</b>	<b>17</b>	<b>48.4</b>	<b>3E-07</b>	<b>-39.85</b>	<b>36.48</b>	<b>-5.85</b>	<b>-1.476</b>	<b>0.02</b>		
56	ln(daños)vs@,ln(prof),I85(0,1),R*P	11.67	4	0.69	0.4695	0.358	2.871	24	4.2	0.0132	21.48	1.092	-5.77	4.467	0.02		quitar 4,7
56a	ln(daños)vs@,ln(prof),I85(0,1),R*P	6.174	4	0.78	0.6093	0.517	2.074	22	6.63	0.0021	11.83	1.716	-3.23	3.61	0.01		quitar el 13
56b	ln(daños)vs@,ln(prof),I85(0,1),R*P	4.45	4	<b>0.85</b>	<b>0.729</b>	<b>0.661</b>	<b>1.754</b>	<b>21</b>	<b>10.8</b>	<b>0.0002</b>	<b>11.58</b>	<b>2.229</b>	<b>-4.67</b>	<b>3.012</b>	<b>0.02</b>		
57	ln(daños)vs@,(prof),I85(0,1),R*P	12.49	4	0.66	0.4323	0.313	2.97	24	3.62	0.0236	27.65	-1.69	-0.67	6.844	0.09		quitar el 4,7
57a	ln(daños)vs@,(prof),I85(0,1),R*P	5.984	4	0.79	0.6213	0.532	2.042	22	6.97	0.0016	32.44	-2.3	-0.96	6.298	0.13		quitar el 13
57b	<b>ln(daños)vs@,(prof),I85(0,1),R*P</b>	3.947	4	0.87	0.7596	0.7	1.652	21	12.6	8E-05	43.25	-3.848	-1.46	7.042	0.2		
58	ln(daños)vsrichter,prof,ln@*ln(p)	11.43	3	0.64	0.4052	0.316	2.963	24	4.54	0.0139	1.109	5.131	0.248	-4.574			quitar el 4,7,15
58a	ln(daños)vsrichter,prof,ln@*ln(p)	4.797	3	0.81	0.6612	0.601	1.903	21	11.1	0.0003	-3.812	4.923	0.143	-3.048			quitar el 18
58b	ln(daños)vsrichter,prof,ln@*ln(p)	3.665	3	0.87	0.7525	0.706	1.659	20	16.2	4E-05	-7.058	5.137	0.115	-2.625			quitar el 4,7,15
58c	ln(daños)vsrichter,prof,ln@*ln(p)	2.738	3	0.91	0.8274	0.793	1.429	19	24	6E-06	-12.16	5.514	0.088	-2.103			quitar el 4
58d	<b>ln(daños)vsrichter,prof,ln@*ln(p)</b>	2.015	3	<b>0.94</b>	<b>0.882</b>	<b>0.857</b>	<b>1.222</b>	<b>18</b>	<b>34.9</b>	<b>9E-07</b>	<b>-13.36</b>	<b>6.026</b>	<b>0.127</b>	<b>-2.705</b>			
59	ln(daños)vsln(richter),ln(prof),ln@*ln(p)	12.22	3	0.6	0.3641	0.269	3.064	24	3.82	0.026	-154.8	90.81	42.87	-23.03			quitar el 4,7
59a	ln(daños)vsln(richter),ln(prof),ln@*ln(p)	6.67	3	0.72	0.5127	0.432	2.251	22	6.31	0.0041	-101.6	63.11	24.55	-13.42			quitar el 13
59n	ln(daños)vsln(richter),ln(prof),ln@*ln(p)	5.258	3	0.79	0.6286	0.563	1.993	21	9.59	0.0006	-64.76	44.72	10.87	-6.61			quitar el 18
59c	ln(daños)vsln(richter),ln(prof),ln@*ln(p)	3.998	3	0.85	0.73	0.679	1.732	20	14.4	8E-05	-53.93	39.2	5.231	-3.714			quitar el 4
59d	<b>ln(daños)vsln(R),ln(prof),ln@*ln(p)</b>	2.905	3	<b>0.9</b>	<b>0.8169</b>	<b>0.78</b>	<b>1.472</b>	<b>19</b>	<b>22.3</b>	<b>9E-06</b>	<b>5.71</b>	<b>8.332</b>	<b>-17.4</b>	<b>8.012</b>			

60	ln(daños)vs(richter),ln(prof),ln@*ln(p)	12.08	3	0.61	0.3715	0.277	3.046	24	3.94	0.0233	-64.48	12.25	41.92	-22.47			quitar el 4,7
60a	ln(daños)vs(richter),ln(prof),ln@*ln(p)	6.804	3	0.71	0.5029	0.42	2.274	22	6.07	0.0049	-31.42	7.477	19.28	-10.68			quitar el 13
60b	ln(daños)vs(richter),ln(prof),ln@*ln(p)	5.374	3	0.79	0.6204	0.553	2.015	21	9.26	0.0007	-12.39	4.933	5.473	-3.829			quitar el 18
60c	ln(daños)vs(richter),ln(prof),ln@*ln(p)	4.063	3	0.85	0.7256	0.674	1.746	20	14.1	9E-05	-9.853	4.578	1.616	-1.843			quitar el 4
<b>60d</b>	<b>ln(daños)vs(richter),ln(prof),ln@*ln(p)</b>	<b>2.87</b>	<b>3</b>	<b>0.91</b>	<b>0.8191</b>	<b>0.783</b>	<b>1.463</b>	<b>19</b>	<b>22.6</b>	<b>8E-06</b>	<b>8.178</b>	<b>1.936</b>	<b>-13.8</b>	<b>6.179</b>			
61	ln(daños)vs(richter),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	13.71	4	0.61	0.3766	0.245	3.112	24	2.87	0.0514	-57.87	11.25	38.45	-20.64	0.79		quitar 4,7
61a	ln(daños)vs(richter),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	7.85	4	0.71	0.5032	0.386	2.339	22	4.31	0.0138	-30.16	7.287	18.63	-10.34	0.16		quitar el 13
61b	ln(daños)vs(richter),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	6.222	4	0.79	0.6211	0.526	2.075	21	6.56	0.0025	-10.57	4.659	4.531	-3.333	0.23		quitar el 18
61c	ln(daños)vs(richter),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	4.68	4	0.85	0.729	0.657	1.793	20	10.1	0.0004	-13.82	5.177	3.56	-2.87	-0.5		quitar el 4
61d	ln(daños)vs(richter),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	2.935	4	0.92	0.8423	0.797	1.414	19	18.7	2E-05	-0.018	3.183	-10.8	4.561	-1.4		quitar el 4,9
<b>61e</b>	<b>ln(daños)vs(R),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1)</b>	<b>1.73</b>	<b>4</b>	<b>0.96</b>	<b>0.9206</b>	<b>0.894</b>	<b>1.079</b>	<b>17</b>	<b>34.8</b>	<b>2E-06</b>	<b>1.947</b>	<b>3.074</b>	<b>-12.9</b>	<b>5.439</b>	<b>-1.7</b>		
62	ln(daños)vsln(R),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	13.86	4	0.61	0.3697	0.237	3.13	24	2.79	0.0563	-139.3	82.64	38.87	-20.92	0.83		quitar el 4,7
63	ln(daños)vs(richter),(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	12.78	4	0.65	0.4189	0.297	3.005	24	3.42	0.0287	2.961	4.74	0.246	-4.442	1.25		quitar el 4,15
63a	ln(daños)vs(richter),(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	8.153	4	0.76	0.5787	0.48	2.383	22	5.84	0.0038	-1.807	5.107	0.198	-3.878	0.7		quitar el 6
63b	ln(daños)vs(richter),(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	5.543	4	0.81	0.6625	0.578	1.958	21	7.85	0.0011	-3.339	4.833	0.143	-3.029	0.3		quitar el 18
63c	ln(daños)vs(richter),(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	4.235	4	0.87	0.7547	0.689	1.705	20	11.5	0.0002	-7.827	5.268	0.113	-2.633	-0.4		quitar el 4
63d	ln(daños)vs(richter),(prof),ln@*ln(p),l(0,1)	2.794	4	0.92	0.8499	0.807	1.38	19	19.8	1E-05	-15.78	6.031	0.077	-2.028	-1.4		quitar el 4,9
<b>63e</b>	<b>ln(daños)vs(Rr),(prof),ln@*ln(p),l(0,1)</b>	<b>1.41</b>	<b>4</b>	<b>0.97</b>	<b>0.9356</b>	<b>0.914</b>	<b>0.972</b>	<b>17</b>	<b>43.6</b>	<b>5E-07</b>	<b>-16.86</b>	<b>6.577</b>	<b>0.106</b>	<b>-2.603</b>	<b>-1.6</b>		
64	ln(daños)vs(Rr),(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)	13.43	5	0.68	0.4665	0.318	2.958	24	3.15	0.0325	7.352	3.114	0.166	-2.975	0.49	3.504	quitar el 4,7
64a	ln(daños)vs(R),(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)	7.267	5	0.78	0.6018	0.477	2.158	22	4.84	0.007	3.851	2.609	0.055	-1.243	-0.4	3.528	quitar el 13
64b	ln(daños)vs(R),(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)	5.495	5	0.84	0.7117	0.616	1.869	21	7.41	0.0011	0.457	3.465	0.078	-1.814	-0.3	2.831	quitando el 18
64c	ln(daños)vs(R),(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)	4.464	5	0.88	0.7785	0.699	1.678	20	9.84	0.0003	-4.612	4.25	0.071	-1.822	-0.8	2.001	
65	ln(daños)vs(R),(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)	14.05	5	0.66	0.4421	0.287	3.025	24	2.85	0.0456	86.42	-35	-26.2	13	0.32	6.04	quitar el 4,7
65a	ln(daños)vs(R),(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)	6.791	5	0.79	0.6278	0.512	2.086	22	5.4	0.0043	126.3	-55.7	-41.2	20.82	-0.4	6.06	quitar el 13
<b>65b</b>	<b>ln(daños)vsln(R),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)</b>	<b>4.49</b>	<b>5</b>	<b>0.87</b>	<b>0.7645</b>	<b>0.686</b>	<b>1.689</b>	<b>21</b>	<b>9.74</b>	<b>0.0003</b>	<b>183.3</b>	<b>-84.52</b>	<b>-60.8</b>	<b>30.71</b>	<b>-0.4</b>	<b>6.499</b>	
66	ln(daños)vs(R),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)	14.01	5	0.67	0.4437	0.289	3.021	24	2.87	0.0446	60.06	-5.952	-30.8	15.36	0.3	6.483	quitar el 4,7
66a	ln(daños)vs(R),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)	6.236	5	0.81	0.6582	0.551	1.999	22	6.16	0.0023	114.7	-13.85	-66.7	33.99	-0.5	7.883	quitar el 13
66b	ln(daños)vs(R),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)	3.521	5	0.9	0.8153	0.754	1.496	21	13.2	5E-05	152.7	-19.12	-91.9	46.74	-0.5	8.743	si quitamos el 5
<b>66c</b>	<b>ln(daños)vs(R),ln(prof),ln@*ln(p),l(0,1),l85(0,1)</b>	<b>3.03</b>	<b>5</b>	<b>0.92</b>	<b>0.8524</b>	<b>0.8</b>	<b>1.382</b>	<b>20</b>	<b>16.2</b>	<b>2E-05</b>	<b>153</b>	<b>-19.16</b>	<b>-92.9</b>	<b>47.21</b>	<b>-0.4</b>	<b>8.695</b>	
67	ln(daños)vsln(R),ln(prof),ln@*ln(p),l85(0,1)	12.29	4	0.66	0.4413	0.324	2.947	24	3.75	0.0206	84.65	-34.04	-25.9	12.82	6.15		quitar el 4,7
67a	ln(daños)vsln(R),ln(prof),ln@*ln(p),l85(0,1)	5.917	4	0.79	0.6256	0.537	2.03	22	7.1	0.0015	128.4	-56.82	-41.5	21	5.92		quitar el 13
67b	ln(daños)vsln(R),ln(prof),ln@*ln(p),l85(0,1)	3.9	4	0.87	0.7625	0.703	1.643	21	12.8	7E-05	185.3	-85.59	-61.1	30.89	6.37		



68	ln(daños)vs(R),ln(prof),ln@*ln(p),I85(0,1)	12.25	4	0.67	0.443	0.326	2.942	24	3.78	0.0201	59.71	-5.889	-30.8	15.32	6.6	quitar el 4,7
68a	ln(daños)vs(R),ln(prof),ln@*ln(p),I85(0,1)	5.444	4	0.81	0.6555	0.574	1.948	22	8.09	0.0008	114.8	-13.88	-66.5	33.89	7.69	quitar el 13
68b	ln(daños)vs(R),ln(prof),ln@*ln(p),I85(0,1)	3.079	4	0.9	0.8125	0.766	1.459	21	17.3	1E-05	152.8	-19.15	-91.7	46.65	8.56	
<b>68c</b>	<b>ln(daños)vs(R),ln(prof),ln@*ln(p),I85(0,1)</b>	<b>2.63</b>	<b>4</b>	<b>0.92</b>	<b>0.8503</b>	<b>0.81</b>	<b>1.345</b>	<b>20</b>	<b>21.3</b>	<b>5E-06</b>	<b>153.1</b>	<b>-19.19</b>	<b>-92.7</b>	<b>47.13</b>	<b>8.54</b>	
69	ln(daños)vs(richter),(prof),ln@*ln(p),I85(0,1)	11.78	4	0.68	0.4646	0.352	2.884	24	4.12	0.0143	6.97	3.152	0.162	-2.931	3.72	quitar el 4,7
69a	ln(daños)vs(richter),(prof),ln@*ln(p),I85(0,1)	6.317	4	0.77	0.6002	0.506	2.098	22	6.38	0.0025	4.153	2.586	0.059	-1.289	3.37	quitar el 13
<b>69b</b>	<b>ln(daños)vs(richter),(prof),ln@*ln(p),I85(0,1)</b>	<b>4.754</b>	<b>4</b>	<b>0.84</b>	<b>0.7105</b>	<b>0.638</b>	<b>1.813</b>	<b>21</b>	<b>9.82</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.709</b>	<b>3.448</b>	<b>0.082</b>	<b>-1.854</b>	<b>2.7</b>	

**Tabla 3. Modelos ajustados a los 17 datos del mejor modelo.**

	Coeficiente de correl. múltiple	Coeficiente de det. R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado				Valor crítica						parametros	BIC	
				Error típico	Observaciones	F	de F	β <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	β <sub>4</sub>			β <sub>5</sub>
55d	0.97036	0.9416	0.9221	0.92539	17	48.368	2.64E-07	-39.8527	36.48	-5.85	-1.4757	0.01829		4	1.275439
63e	0.967253	0.93558	0.9141	0.97191	17	43.568	4.73E-07	-16.8596	6.577	0.1057	-2.6032	-1.6447		4	1.406906
49f	0.957272	0.91637	0.8971	1.06393	17	47.482	2.9E-07	-14.2788	5.354	-2.217	-1.8033			3	1.536879
30f	0.955016	0.91206	0.8918	1.09103	17	44.94	4.01E-07	-51.2136	38.43	-2.3	-1.7467			3	1.616174
61e	0.959466	0.92057	0.8941	1.07917	17	34.771	1.64E-06	1.94734	3.074	-12.87	5.4389	-1.7279		4	1.734581
18d	0.957727	0.91724	0.8981	1.05838	17	48.027	2.71E-07	-30.9047	32.05	-6.196	0.0211			3	1.520885
58d	0.951408	0.90518	0.8833	1.13288	17	41.366	6.52E-07	-12.7598	5.993	0.1213	-2.7157			3	1.742556
15d	0.937655	0.8792	0.8619	1.23219	17	50.945	3.75E-07	-10.1785	4.629	-1.99				2	1.869633
16d	0.936459	0.87696	0.8594	1.24356	17	49.89	4.27E-07	-42.4138	33.39	-2.067				2	1.904311
68c	0.961708	0.92488	0.8998	1.04951	17	36.937	1.18E-06	99.5082	-11.3	-66.51	33.445	4.87088		4	1.640522
13e	0.916206	0.83943	0.8165	1.42058	17	36.596	2.75E-06	-14.8191	4.611	-0.057				2	2.48504
60d	0.941788	0.88697	0.8609	1.23691	17	34.003	2.02E-06	11.4776	1.594	-16.38	7.3365			3	2.077261
59d	0.941072	0.88562	0.8592	1.24426	17	33.551	2.18E-06	8.03148	7.588	-18.89	8.606			3	2.102043
14d	0.914182	0.83573	0.8123	1.43688	17	35.612	3.23E-06	-46.9385	33.18	-0.059				2	2.542382
66c	0.959466	0.92057	0.8941	1.07917	17	34.771	1.64E-06	1.94734	3.074	-12.87	5.4389	-1.7279		4	1.734581
17d	0.920079	0.84655	0.8111	1.44119	17	23.905	1.45E-05	-7.88405	3.632	-0.37	0.0445			3	2.820061
67b	0.960875	0.92328	0.8977	1.06063	17	36.104	1.33E-06	161.98	-72.9	-62.41	31.346	4.04005		4	1.675471
57b	0.948391	0.89945	0.8659	1.21426	17	26.835	6.61E-06	27.9806	-1.63	-1.389	4.6218	0.19307		4	2.196019
56b	0.959944	0.92149	0.8953	1.07292	17	35.213	1.53E-06	0.46558	4.386	-6.162	0.1412	0.02144		4	1.714532
64c	0.967557	0.93617	0.9072	1.01049	17	32.264	3.24E-06	-17.663	6.785	0.1122	-2.7349	-1.6242	-0.347	5	1.658416
65b	0.975923	0.95243	0.9308	0.87235	17	44.044	6.58E-07	138.117	-60.2	-57.62	28.768	-1.6035	3.908	5	1.235976
51b	0.962436	0.92628	0.8928	1.0859	17	27.644	7.07E-06	20.5488	-0.5	-1.265	-1.5594	4.378	0.174	5	1.915192

69b	0.952238	0.90676	0.8757	1.16929	17	29.174	4.23E-06	-14.1551	6.344	0.1316	-2.9284	-0.5659		4	2.036355
50b	0.939964	0.88353	0.8447	1.30681	17	22.758	1.57E-05	-16.1263	4.83	-0.058	-1.8299	1.14864		4	2.543532
53b	0.97358	0.94786	0.9242	0.91328	17	39.992	1.08E-06	-4.139	4.972	-5.753	-1.5426	0.27935	0.019	5	1.35467
54a	0.934268	0.87286	0.8305	1.3654	17	20.595	2.63E-05	-45.7508	32.85	-0.287	-1.6592	0.03104		4	2.776703
6b	0.520791	0.27122	0.2226	2.92384	17	5.5824	0.032075	26.5055	-2.92					1	9.505136
8a	0.871125	0.75886	0.7428	1.68187	17	47.204	5.32E-06	-19.8188	5.058					1	3.145107
7b	0.502029	0.25203	0.2022	2.96209	17	5.0544	0.040027	19.9172	-0.1					1	9.755415
9a	0.86381	0.74617	0.7292	1.72556	17	44.094	7.87E-06	-55.0906	36.37					1	3.310617
36	0.937647	0.87918	0.8513	1.27878	17	31.533	3.11E-06	-39.3024	31.54	-1.928	0.6085			3	2.220285
47	0.888375	0.78921	0.7591	1.62766	17	26.208	1.85E-05	-39.5988	28.34	2.379				2	3.262329
48	0.889712	0.79159	0.7618	1.61845	17	26.587	1.71E-05	-12.7592	4.035	2.1317				2	3.225523
39	0.765897	0.5866	0.4912	2.36547	17	6.1488	0.007808	20.1188	-1.27	0.2788	5.1958			3	7.597145
35	0.956901	0.91566	0.8875	1.11207	17	32.57	2.34E-06	-47.4377	36.17	-2.128	-1.7847	0.776		4	1.841933
38	0.899399	0.80892	0.7648	1.6082	17	18.345	5.91E-05	-45.5234	31.46	-1.295	2.6334			3	3.51154
37	0.93931	0.8823	0.8431	1.31369	17	22.489	1.67E-05	-48.348	33.98	-0.059	-1.8032	1.40256		4	2.570398
19	0.936459	0.87696	0.8486	1.29051	17	30.884	3.5E-06	-42.4138	11.65	-23.81	21.741			3	2.261199
32	0.935624	0.87539	0.8466	1.29868	17	30.442	3.79E-06	-19.1772	5.307	-0.065	-1.7855			3	2.289938
31	0.932548	0.86965	0.8396	1.32829	17	28.909	5.07E-06	-55.8124	38.01	-0.068	-1.7293			3	2.395535
62	0.957719	0.91723	0.8896	1.10168	17	33.243	2.09E-06	-11.5781	18.13	-15.37	6.6948	-1.6688		4	1.807699
34	0.879217	0.77302	0.7406	1.689	17	23.84	3.1E-05	-22.9639	5.526	-1.09				2	3.512847
52	0.962386	0.92619	0.8926	1.08661	17	27.605	7.12E-06	22.6432	-2.86	-1.246	-1.5688	4.30059	0.171	5	1.917699
33	0.870323	0.75746	0.7228	1.74593	17	21.862	4.94E-05	-60.7596	39.35	-0.968				2	3.753668

**Tabla 4. Los mejores modelos según su BIC.**

modelo	BIC	modelo	BIC
65b	1.2359757	59d	2.1020432
55d	1.2754389	57b	2.1960193
53b	1.3546698	36	2.2202847
63e	1.4069062	19	2.261199
18d	1.5208853	32	2.2899376
49f	1.5368789	31	2.3955349
30f	1.616174	13e	2.4850398
68c	1.6405217	14d	2.5423824
64c	1.6584157	50b	2.5435324
67b	1.6754705	37	2.5703978
56b	1.7145318	54a	2.7767029
61e	1.7345806	17d	2.8200614
66c	1.7345806	8a	3.1451069
58d	1.7425565	48	3.2255229
62	1.8076994	47	3.2623293
35	1.8419334	9a	3.3106173
15d	1.8696334	38	3.5115403
16d	1.9043114	34	3.5128467
51b	1.9151915	33	3.753668
52	1.9176986	39	7.5971447
69b	2.0363552	6b	9.5051356
60d	2.0772611	7b	9.7554154

**Tabla 5. Simulaciones:**

# simulación	U1	T	Disponible Gob	Disponible Inverionista	# simulación	U1	T	Disponible Gob	Disponible Inverionista
1	0.9501	0.63985046	0.104766299	0	501	0.0149	52.57992583	0	0.008297516
2	0.2311	18.31130952	0	0.008297516	502	0.2882	15.55125744	0	0.008297516
3	0.6068	6.244450394	0	0.008297516	503	0.8167	2.531043108	0	0.008297516
4	0.486	9.019333189	0	0.008297516	504	0.9855	0.182576905	0.081427154	0
5	0.8913	1.438427598	0	0.008297516	505	0.0174	50.64106341	0	0.008297516
6	0.7621	3.395968729	0	0.008297516	506	0.8194	2.489786423	0	0.008297516
7	0.4565	9.802082237	0	0.008297516	507	0.6211	5.953289743	0	0.008297516
8	0.0185	49.87480684	0	0.008297516	508	0.5602	7.243267702	0	0.008297516
9	0.8214	2.459313468	0	0.008297516	509	0.244	17.63233817	0	0.008297516
10	0.4447	10.12944227	0	0.008297516	510	0.822	2.450186049	0	0.008297516
11	0.6154	6.068535201	0	0.008297516	511	0.2632	16.68551349	0	0.008297516
12	0.7919	2.916501972	0	0.008297516	512	0.7536	3.536169446	0	0.008297516
13	0.9218	1.017837484	0	0.008297516	513	0.6596	5.201521104	0	0.008297516
14	0.7382	3.794256105	0	0.008297516	514	0.2141	19.26640104	0	0.008297516
15	0.1763	21.69460237	0	0.008297516	515	0.6021	6.341646681	0	0.008297516
16	0.4057	11.27676636	0	0.008297516	516	0.6049	6.283651548	0	0.008297516
17	0.9355	0.833426666	0.114808284	0	517	0.6595	5.203416335	0	0.008297516
18	0.9169	1.084460799	0	0.008297516	518	0.1834	21.20107149	0	0.008297516
19	0.4103	11.13583349	0	0.008297516	519	0.6365	5.647135762	0	0.008297516
20	0.8936	1.40621289	0	0.008297516	520	0.1703	22.12742114	0	0.008297516
21	0.0579	35.61297368	0	0.008297516	521	0.5396	7.711589433	0	0.008297516
22	0.3529	13.01963185	0	0.008297516	522	0.6234	5.907086396	0	0.008297516
23	0.8132	2.584727465	0	0.008297516	523	0.6859	4.712792931	0	0.008297516
24	0.0099	57.69025652	0	0.008297516	524	0.6773	4.87051216	0	0.008297516
25	0.1389	24.67501287	0	0.008297516	525	0.8768	1.643454535	0	0.008297516
26	0.2028	19.94418759	0	0.008297516	526	0.0129	54.3815996	0	0.008297516
27	0.1987	20.19948912	0	0.008297516	527	0.3104	14.62366863	0	0.008297516
28	0.6038	6.306403271	0	0.008297516	528	0.7791	3.120198396	0	0.008297516
29	0.2722	16.26522736	0	0.008297516	529	0.3073	14.74913512	0	0.008297516
30	0.1988	20.19319981	0	0.008297516	530	0.9267	0.95156738	0.120984899	0
31	0.0153	52.24878063	0	0.008297516	531	0.6787	4.844700941	0	0.008297516

32	0.7468	3.649473341	0	0.008297516	532	0.0743	32.49555409	0	0.008297516
33	0.4451	10.11820379	0	0.008297516	533	0.0707	33.11637133	0	0.008297516
34	0.9318	0.882963495	0.11739372	0	534	0.0119	55.39021099	0	0.008297516
35	0.466	9.544620561	0	0.008297516	535	0.2272	18.5240574	0	0.008297516
36	0.4186	10.88549336	0	0.008297516	536	0.5163	8.263341089	0	0.008297516
37	0.8462	2.087494259	0	0.008297516	537	0.4582	9.755618862	0	0.008297516
38	0.5252	8.049701707	0	0.008297516	538	0.7032	4.401424158	0	0.008297516
39	0.2026	19.95652109	0	0.008297516	539	0.5825	6.755326169	0	0.008297516
40	0.6721	4.96685175	0	0.008297516	540	0.5092	8.436430154	0	0.008297516
41	0.8381	2.207723173	0	0.008297516	541	0.0743	32.49555409	0	0.008297516
42	0.0196	49.15282141	0	0.008297516	542	0.1932	20.55036697	0	0.008297516
43	0.6813	4.796906765	0	0.008297516	543	0.3796	12.10796515	0	0.008297516
44	0.3795	12.11125853	0	0.008297516	544	0.2764	16.07382734	0	0.008297516
45	0.8318	2.302040646	0	0.008297516	545	0.7709	3.252457694	0	0.008297516
46	0.5028	8.594535028	0	0.008297516	546	0.3139	14.48351019	0	0.008297516
47	0.7095	4.28993478	0	0.008297516	547	0.6382	5.613794564	0	0.008297516
48	0.4289	10.58164359	0	0.008297516	548	0.9866	0.168632377	0.080723779	0
49	0.3046	14.85944798	0	0.008297516	549	0.5029	8.592049198	0	0.008297516
50	0.1897	20.77889253	0	0.008297516	550	0.9477	0.671466031	0.106399759	0
51	0.1934	20.5374337	0	0.008297516	551	0.828	2.359276557	0	0.008297516
52	0.6822	4.780405112	0	0.008297516	552	0.9176	1.074921415	0	0.008297516
53	0.3028	14.93353447	0	0.008297516	553	0.1131	27.2435362	0	0.008297516
54	0.5417	7.663036704	0	0.008297516	554	0.8121	2.601647421	0	0.008297516
55	0.1509	23.63922392	0	0.008297516	555	0.9083	1.202256981	0	0.008297516
56	0.6979	4.495993162	0	0.008297516	556	0.1564	23.19173064	0	0.008297516
57	0.3784	12.14754302	0	0.008297516	557	0.1221	26.28643622	0	0.008297516
58	0.86	1.885286122	0	0.008297516	558	0.7627	3.386131373	0	0.008297516
59	0.8537	1.977192937	0	0.008297516	559	0.7218	4.075089835	0	0.008297516
60	0.5936	6.519369839	0	0.008297516	560	0.6516	5.354055028	0	0.008297516
61	0.4966	8.749630074	0	0.008297516	561	0.754	3.529536387	0	0.008297516
62	0.8998	1.319784532	0	0.008297516	562	0.6632	5.13348344	0	0.008297516
63	0.8216	2.456270255	0	0.008297516	563	0.8835	1.54829984	0	0.008297516
64	0.6449	5.483250162	0	0.008297516	564	0.2722	16.26522736	0	0.008297516
65	0.818	2.51116178	0	0.008297516	565	0.4194	10.86162701	0	0.008297516
66	0.6602	5.190155745	0	0.008297516	566	0.213	19.33078892	0	0.008297516

67	0.342	13.41180677	0	0.008297516	567	0.0356	41.69262051	0	0.008297516
68	0.2897	15.48636718	0	0.008297516	568	0.0812	31.3855004	0	0.008297516
69	0.3412	13.44108079	0	0.008297516	569	0.8506	2.022666202	0	0.008297516
70	0.5341	7.839652395	0	0.008297516	570	0.3402	13.47776999	0	0.008297516
71	0.7271	3.983640742	0	0.008297516	571	0.4662	9.539256905	0	0.008297516
72	0.3093	14.66804499	0	0.008297516	572	0.9138	1.126794373	0	0.008297516
73	0.8385	2.201758721	0	0.008297516	573	0.2286	18.4472691	0	0.008297516
74	0.5681	7.068222743	0	0.008297516	574	0.862	1.856250104	0	0.008297516
75	0.3704	12.4146472	0	0.008297516	575	0.6566	5.258503424	0	0.008297516
76	0.7027	4.41031526	0	0.008297516	576	0.8912	1.439830123	0	0.008297516
77	0.5466	7.550475069	0	0.008297516	577	0.4881	8.965437201	0	0.008297516
78	0.4449	10.12382176	0	0.008297516	578	0.9926	0.092843948	0.076909503	0
79	0.6946	4.555239233	0	0.008297516	579	0.3733	12.31716116	0	0.008297516
80	0.6213	5.949265274	0	0.008297516	580	0.5314	7.903003071	0	0.008297516
81	0.7948	2.870809604	0	0.008297516	581	0.1813	21.34502702	0	0.008297516
82	0.9568	0.552011197	0.100241498	0	582	0.5019	8.616929779	0	0.008297516
83	0.5226	8.111736574	0	0.008297516	583	0.4222	10.77845179	0	0.008297516
84	0.8801	1.59649677	0	0.008297516	584	0.6604	5.186369587	0	0.008297516
85	0.173	21.93079606	0	0.008297516	585	0.6737	4.937129638	0	0.008297516
86	0.9797	0.256360958	0.085157065	0	586	0.9573	0.545480713	0.09990589	0
87	0.2714	16.30201914	0	0.008297516	587	0.1919	20.63476095	0	0.008297516
88	0.2523	17.21420529	0	0.008297516	588	0.1112	27.45531121	0	0.008297516
89	0.8757	1.659146406	0	0.008297516	589	0.5651	7.134407154	0	0.008297516
90	0.7373	3.809505175	0	0.008297516	590	0.9692	0.391053625	0.092001601	0
91	0.1365	24.8928833	0	0.008297516	591	0.0237	46.77850289	0	0.008297516
92	0.0118	55.49569684	0	0.008297516	592	0.8702	1.737902609	0	0.008297516
93	0.8939	1.402017086	0	0.008297516	593	0.0269	45.1953624	0	0.008297516
94	0.1991	20.17435085	0	0.008297516	594	0.5195	8.186105856	0	0.008297516
95	0.2987	15.10394442	0	0.008297516	595	0.1923	20.60873283	0	0.008297516
96	0.6614	5.16745598	0	0.008297516	596	0.7157	4.181177428	0	0.008297516
97	0.2844	15.71716976	0	0.008297516	597	0.2507	17.29372842	0	0.008297516
98	0.4692	9.459077028	0	0.008297516	598	0.9339	0.854823911	0.115924268	0
99	0.0648	34.20562095	0	0.008297516	599	0.1372	24.82894455	0	0.008297516
100	0.9883	0.147112295	0.079639247	0	600	0.5216	8.135678355	0	0.008297516
101	0.5828	6.748890058	0	0.008297516	601	0.8952	1.383851525	0	0.008297516

102	0.4235	10.74002206	0	0.008297516	602	0.9424	0.741568326	0.11003091	0
103	0.5155	8.282724694	0	0.008297516	603	0.3351	13.66657855	0	0.008297516
104	0.334	13.70767858	0	0.008297516	604	0.4374	10.33633963	0	0.008297516
105	0.4329	10.46560656	0	0.008297516	605	0.4712	9.405908083	0	0.008297516
106	0.2259	18.59578569	0	0.008297516	606	0.1493	23.77246968	0	0.008297516
107	0.5798	6.813400781	0	0.008297516	607	0.1359	24.94794947	0	0.008297516
108	0.7604	3.423883355	0	0.008297516	608	0.5325	7.877154767	0	0.008297516
109	0.5298	7.940696277	0	0.008297516	609	0.7258	4.006009803	0	0.008297516
110	0.6405	5.568826971	0	0.008297516	610	0.3987	11.49432531	0	0.008297516
111	0.2091	19.56178341	0	0.008297516	611	0.3584	12.82631997	0	0.008297516
112	0.3798	12.10138101	0	0.008297516	612	0.2853	15.67767526	0	0.008297516
113	0.7833	3.052993933	0	0.008297516	613	0.8686	1.760906986	0	0.008297516
114	0.6808	4.806083772	0	0.008297516	614	0.6264	5.847076679	0	0.008297516
115	0.4611	9.676754247	0	0.008297516	615	0.2412	17.77661018	0	0.008297516
116	0.5678	7.074825437	0	0.008297516	616	0.9781	0.276792059	0.086192327	0
117	0.7942	2.880249504	0	0.008297516	617	0.6405	5.568826971	0	0.008297516
118	0.0592	35.33542171	0	0.008297516	618	0.2298	18.38182392	0	0.008297516
119	0.6029	6.325049169	0	0.008297516	619	0.6813	4.796906765	0	0.008297516
120	0.0503	37.37187752	0	0.008297516	620	0.6658	5.084574423	0	0.008297516
121	0.4154	10.98141709	0	0.008297516	621	0.1347	25.05881494	0	0.008297516
122	0.305	14.84304378	0	0.008297516	622	0.0225	47.42799962	0	0.008297516
123	0.8744	1.677716776	0	0.008297516	623	0.2622	16.73309635	0	0.008297516
124	0.015	52.49631347	0	0.008297516	624	0.1165	26.87330007	0	0.008297516
125	0.768	3.299569323	0	0.008297516	625	0.0693	33.36637966	0	0.008297516
126	0.9708	0.370435064	0.090950858	0	626	0.8529	1.988912146	0	0.008297516
127	0.9901	0.124366636	0.078494219	0	627	0.1803	21.41416436	0	0.008297516
128	0.7889	2.963946361	0	0.008297516	628	0.0324	42.8699607	0	0.008297516
129	0.4387	10.29924339	0	0.008297516	629	0.7339	3.867281243	0	0.008297516
130	0.4983	8.706912171	0	0.008297516	630	0.5365	7.783608961	0	0.008297516
131	0.214	19.2722408	0	0.008297516	631	0.276	16.09193017	0	0.008297516
132	0.6435	5.510415649	0	0.008297516	632	0.3685	12.47893209	0	0.008297516
133	0.32	14.24292854	0	0.008297516	633	0.0129	54.3815996	0	0.008297516
134	0.9601	0.508972916	0.098031741	0	634	0.8892	1.467913711	0	0.008297516
135	0.7266	3.99223949	0	0.008297516	635	0.866	1.79837963	0	0.008297516
136	0.412	11.08414912	0	0.008297516	636	0.2542	17.120424	0	0.008297516

137	0.7446	3.686351469	0	0.008297516	637	0.5695	7.037456201	0	0.008297516
138	0.2679	16.46426878	0	0.008297516	638	0.1593	22.96207578	0	0.008297516
139	0.4399	10.26509813	0	0.008297516	639	0.5944	6.50253482	0	0.008297516
140	0.9334	0.861518068	0.11627365	0	640	0.3311	13.81668543	0	0.008297516
141	0.6833	4.760265965	0	0.008297516	641	0.6586	5.220486363	0	0.008297516
142	0.2126	19.35428516	0	0.008297516	642	0.8636	1.833069754	0	0.008297516
143	0.8392	2.191327774	0	0.008297516	643	0.5676	7.079229171	0	0.008297516
144	0.6288	5.799275473	0	0.008297516	644	0.9805	0.246157917	0.084640463	0
145	0.1338	25.14261414	0	0.008297516	645	0.7918	2.918080554	0	0.008297516
146	0.2071	19.68191888	0	0.008297516	646	0.1526	23.4991895	0	0.008297516
147	0.6072	6.236213161	0	0.008297516	647	0.833	2.28402046	0	0.008297516
148	0.6299	5.777427529	0	0.008297516	648	0.1919	20.63476095	0	0.008297516
149	0.3705	12.41127293	0	0.008297516	649	0.639	5.598135308	0	0.008297516
150	0.5751	6.915141753	0	0.008297516	650	0.669	5.024640236	0	0.008297516
151	0.4514	9.942517682	0	0.008297516	651	0.7721	3.233015046	0	0.008297516
152	0.0439	39.07301199	0	0.008297516	652	0.3798	12.10138101	0	0.008297516
153	0.0272	45.05672882	0	0.008297516	653	0.4416	10.2168848	0	0.008297516
154	0.3127	14.53138768	0	0.008297516	654	0.4831	9.094145093	0	0.008297516
155	0.0129	54.3815996	0	0.008297516	655	0.6081	6.217699211	0	0.008297516
156	0.384	11.96390908	0	0.008297516	656	0.176	21.71589105	0	0.008297516
157	0.6831	4.763925216	0	0.008297516	657	0.002	77.68260123	0	0.008297516
158	0.0928	29.71635799	0	0.008297516	658	0.7902	2.943365013	0	0.008297516
159	0.0353	41.79840394	0	0.008297516	659	0.5136	8.328881583	0	0.008297516
160	0.6124	6.12962019	0	0.008297516	660	0.2132	19.31905733	0	0.008297516
161	0.6085	6.209479582	0	0.008297516	661	0.1034	28.36437896	0	0.008297516
162	0.0158	51.84681674	0	0.008297516	662	0.1573	23.12000586	0	0.008297516
163	0.0164	51.3809243	0	0.008297516	663	0.4075	11.22142933	0	0.008297516
164	0.1901	20.75256287	0	0.008297516	664	0.4078	11.21223026	0	0.008297516
165	0.5869	6.661260393	0	0.008297516	665	0.0527	36.78924779	0	0.008297516
166	0.0576	35.67790889	0	0.008297516	666	0.9418	0.749529265	0.110444075	0
167	0.3676	12.50949861	0	0.008297516	667	0.15	23.71399981	0	0.008297516
168	0.6315	5.745716715	0	0.008297516	668	0.3844	11.95089502	0	0.008297516
169	0.7176	4.148037103	0	0.008297516	669	0.3111	14.59551094	0	0.008297516
170	0.6927	4.589478424	0	0.008297516	670	0.1685	22.26024411	0	0.008297516
171	0.0841	30.9468589	0	0.008297516	671	0.8966	1.364318091	0	0.008297516



172	0.4544	9.859717645	0	0.008297516	672	0.3227	14.13790225	0	0.008297516
173	0.4418	10.21122485	0	0.008297516	673	0.734	3.86557813	0	0.008297516
174	0.3533	13.00547156	0	0.008297516	674	0.4109	11.11756754	0	0.008297516
175	0.1536	23.41754323	0	0.008297516	675	0.3998	11.45988571	0	0.008297516
176	0.6756	4.901926176	0	0.008297516	676	0.5055	8.527590507	0	0.008297516
177	0.6992	4.472730683	0	0.008297516	677	0.1693	22.20103737	0	0.008297516
178	0.7275	3.976765999	0	0.008297516	678	0.5247	8.061607604	0	0.008297516
179	0.4784	9.216350954	0	0.008297516	679	0.6412	5.555173228	0	0.008297516
180	0.5548	7.364344882	0	0.008297516	680	0.0162	51.53430046	0	0.008297516
181	0.121	26.39955917	0	0.008297516	681	0.8369	2.225633624	0	0.008297516
182	0.4508	9.95914371	0	0.008297516	682	0.8035	2.734726173	0	0.008297516
183	0.7159	4.177684832	0	0.008297516	683	0.6978	4.497784378	0	0.008297516
184	0.8928	1.417408592	0	0.008297516	684	0.4619	9.655085769	0	0.008297516
185	0.2731	16.22396563	0	0.008297516	685	0.0826	31.17181998	0	0.008297516
186	0.2548	17.09095444	0	0.008297516	686	0.8207	2.469970554	0	0.008297516
187	0.8656	1.804154636	0	0.008297516	687	0.193	20.56331363	0	0.008297516
188	0.2324	18.24119068	0	0.008297516	688	0.4454	10.10978155	0	0.008297516
189	0.8049	2.712965411	0	0.008297516	689	0.013	54.28507402	0	0.008297516
190	0.9084	1.200880859	0	0.008297516	690	0.3087	14.69231684	0	0.008297516
191	0.2319	18.26811293	0	0.008297516	691	0.8754	1.663429428	0	0.008297516
192	0.2393	17.87546605	0	0.008297516	692	0.8353	2.249554215	0	0.008297516
193	0.0498	37.49675369	0	0.008297516	693	0.3331	13.74140667	0	0.008297516
194	0.0784	31.8241419	0	0.008297516	694	0.8807	1.587977915	0	0.008297516
195	0.6408	5.56297354	0	0.008297516	695	0.4797	9.182429631	0	0.008297516
196	0.1909	20.70006935	0	0.008297516	696	0.5608	7.229886791	0	0.008297516
197	0.8439	2.121515935	0	0.008297516	697	0.6159	6.058383329	0	0.008297516
198	0.1739	21.86593572	0	0.008297516	698	0.6619	5.158009898	0	0.008297516
199	0.1708	22.09077497	0	0.008297516	699	0.6166	6.044184544	0	0.008297516
200	0.9943	0.071453837	0.075835595	0	700	0.6851	4.727380825	0	0.008297516
201	0.4398	10.26794001	0	0.008297516	701	0.5102	8.411905916	0	0.008297516
202	0.34	13.48512077	0	0.008297516	702	0.714	4.210903958	0	0.008297516
203	0.3142	14.47156941	0	0.008297516	703	0.5152	8.290001302	0	0.008297516
204	0.3651	12.59479988	0	0.008297516	704	0.6059	6.263004038	0	0.008297516
205	0.3932	11.66796113	0	0.008297516	705	0.9667	0.423338369	0.09364904	0
206	0.5915	6.563669945	0	0.008297516	706	0.8221	2.44866546	0	0.008297516

207	0.1197	26.53458333	0	0.008297516	707	0.3178	14.32916281	0	0.008297516
208	0.0381	40.84426246	0	0.008297516	708	0.5877	6.644233317	0	0.008297516
209	0.4586	9.744711357	0	0.008297516	709	0.1302	25.48354437	0	0.008297516
210	0.8699	1.742212706	0	0.008297516	710	0.2544	17.11059309	0	0.008297516
211	0.9342	0.850809136	0.115714784	0	711	0.803	2.742507063	0	0.008297516
212	0.2644	16.62865214	0	0.008297516	712	0.6678	5.047081893	0	0.008297516
213	0.1603	22.88385274	0	0.008297516	713	0.0136	53.72106858	0	0.008297516
214	0.8729	1.699178466	0	0.008297516	714	0.5616	7.212067828	0	0.008297516
215	0.2379	17.94881077	0	0.008297516	715	0.4546	9.854217095	0	0.008297516
216	0.6458	5.465817758	0	0.008297516	716	0.9049	1.249135483	0	0.008297516
217	0.9669	0.420752519	0.09351699	0	717	0.2822	15.81424049	0	0.008297516
218	0.6649	5.10148282	0	0.008297516	718	0.065	34.16710011	0	0.008297516
219	0.8704	1.735030036	0	0.008297516	719	0.4766	9.263471429	0	0.008297516
220	0.0099	57.69025652	0	0.008297516	720	0.9837	0.205428831	0.082580888	0
221	0.137	24.84717941	0	0.008297516	721	0.9223	1.011059109	0	0.008297516
222	0.8188	2.498942815	0	0.008297516	722	0.5612	7.220974134	0	0.008297516
223	0.4302	10.54381328	0	0.008297516	723	0.6523	5.340633752	0	0.008297516
224	0.8903	1.45245993	0	0.008297516	724	0.7727	3.223305051	0	0.008297516
225	0.7349	3.850260543	0	0.008297516	725	0.1062	28.03038963	0	0.008297516
226	0.6873	4.687305011	0	0.008297516	726	0.0011	85.15556374	0	0.008297516
227	0.3461	13.2628441	0	0.008297516	727	0.5418	7.660729367	0	0.008297516
228	0.166	22.44709363	0	0.008297516	728	0.0069	62.20292334	0	0.008297516
229	0.1556	23.25583334	0	0.008297516	729	0.4513	9.945287152	0	0.008297516
230	0.1911	20.68698035	0	0.008297516	730	0.1957	20.38965506	0	0.008297516
231	0.4225	10.7695729	0	0.008297516	731	0.7871	2.992499673	0	0.008297516
232	0.856	1.943561286	0	0.008297516	732	0.6186	6.003705234	0	0.008297516
233	0.4902	8.911772599	0	0.008297516	733	0.0155	52.08644069	0	0.008297516
234	0.8159	2.543293507	0	0.008297516	734	0.8909	1.444038641	0	0.008297516
235	0.4608	9.68488962	0	0.008297516	735	0.7617	3.40253127	0	0.008297516
236	0.4574	9.777462467	0	0.008297516	736	0.907	1.220160361	0	0.008297516
237	0.4507	9.961916866	0	0.008297516	737	0.7586	3.453508122	0	0.008297516
238	0.4122	11.07808263	0	0.008297516	738	0.3807	12.07179519	0	0.008297516
239	0.9016	1.294803953	0	0.008297516	739	0.3311	13.81668543	0	0.008297516
240	0.0056	64.81235852	0	0.008297516	740	0.5041	8.562257724	0	0.008297516
241	0.2974	15.15846556	0	0.008297516	741	0.5646	7.14547204	0	0.008297516

242	0.0492	37.64827069	0	0.008297516	742	0.7672	3.312596943	0	0.008297516
243	0.6932	4.580459014	0	0.008297516	743	0.7799	3.107369658	0	0.008297516
244	0.6501	5.382863522	0	0.008297516	744	0.4841	9.068297275	0	0.008297516
245	0.983	0.214326985	0.083030489	0	745	0.8022	2.754966571	0	0.008297516
246	0.5527	7.411749002	0	0.008297516	746	0.471	9.411214812	0	0.008297516
247	0.4001	11.45050954	0	0.008297516	747	0.2028	19.94418759	0	0.008297516
248	0.1988	20.19319981	0	0.008297516	748	0.5796	6.817713357	0	0.008297516
249	0.6252	5.871046005	0	0.008297516	749	0.6665	5.071439242	0	0.008297516
250	0.7334	3.875800292	0	0.008297516	750	0.6768	4.879743384	0	0.008297516
251	0.3759	12.23040161	0	0.008297516	751	0.9425	0.740241996	0.10996209	0
252	0.0099	57.69025652	0	0.008297516	752	0.7701	3.26543628	0	0.008297516
253	0.4199	10.84673364	0	0.008297516	753	0.7374	3.807809915	0	0.008297516
254	0.7537	3.534510852	0	0.008297516	754	0.8663	1.794050126	0	0.008297516
255	0.7939	2.884972128	0	0.008297516	755	0.9909	0.114270724	0.077986403	0
256	0.92	1.042270112	0	0.008297516	756	0.5039	8.567218041	0	0.008297516
257	0.8447	2.109671803	0	0.008297516	757	0.6291	5.793313155	0	0.008297516
258	0.3678	12.50269959	0	0.008297516	758	0.7926	2.905457478	0	0.008297516
259	0.6208	5.959328876	0	0.008297516	759	0.4486	10.02029571	0	0.008297516
260	0.7313	3.911643834	0	0.008297516	760	0.5244	8.068756589	0	0.008297516
261	0.1939	20.50515896	0	0.008297516	761	0.1715	22.03965015	0	0.008297516
262	0.9048	1.250516927	0	0.008297516	762	0.1307	25.43563323	0	0.008297516
263	0.5692	7.04404266	0	0.008297516	763	0.2188	18.99496511	0	0.008297516
264	0.6318	5.739779883	0	0.008297516	764	0.1055	28.11305408	0	0.008297516
265	0.2344	18.13407777	0	0.008297516	765	0.1414	24.45203157	0	0.008297516
266	0.5488	7.500265032	0	0.008297516	766	0.457	9.788398601	0	0.008297516
267	0.9316	0.885646762	0.117533949	0	767	0.7881	2.97662867	0	0.008297516
268	0.3352	13.66284888	0	0.008297516	768	0.2811	15.86306001	0	0.008297516
269	0.6555	5.279462197	0	0.008297516	769	0.2248	18.65680201	0	0.008297516
270	0.3919	11.70935717	0	0.008297516	770	0.9089	1.194002523	0	0.008297516
271	0.6273	5.829129798	0	0.008297516	771	0.0073	61.49851164	0	0.008297516
272	0.6991	4.474518568	0	0.008297516	772	0.5887	6.622982037	0	0.008297516
273	0.3972	11.54144184	0	0.008297516	773	0.5421	7.653809909	0	0.008297516
274	0.4136	11.03569945	0	0.008297516	774	0.6535	5.317659324	0	0.008297516
275	0.6552	5.285184331	0	0.008297516	775	0.3134	14.50343686	0	0.008297516
276	0.8376	2.215182743	0	0.008297516	776	0.2312	18.30590178	0	0.008297516

277	0.3716	12.3742159	0	0.008297516	777	0.4161	10.96037079	0	0.008297516
278	0.4253	10.68700596	0	0.008297516	778	0.2988	15.09976032	0	0.008297516
279	0.5947	6.496227528	0	0.008297516	779	0.6724	4.961273468	0	0.008297516
280	0.5657	7.121142208	0	0.008297516	780	0.9383	0.796069396	0.112862757	0
281	0.7165	4.167212896	0	0.008297516	781	0.3431	13.37166661	0	0.008297516
282	0.5113	8.384984711	0	0.008297516	782	0.563	7.180945636	0	0.008297516
283	0.7764	3.163592846	0	0.008297516	783	0.1189	26.61840594	0	0.008297516
284	0.4893	8.934743509	0	0.008297516	784	0.169	22.22320705	0	0.008297516
285	0.1859	21.0318298	0	0.008297516	785	0.2789	15.9612748	0	0.008297516
286	0.7006	4.447727103	0	0.008297516	786	0.5568	7.319364625	0	0.008297516
287	0.9827	0.21814242	0.083223334	0	787	0.4856	9.02962549	0	0.008297516
288	0.8066	2.686592457	0	0.008297516	788	0.9522	0.612252278	0.103342512	0
289	0.7036	4.394315826	0	0.008297516	789	0.2319	18.26811293	0	0.008297516
290	0.485	9.045079851	0	0.008297516	790	0.4787	9.208514782	0	0.008297516
291	0.1146	27.07884343	0	0.008297516	791	0.5265	8.018799343	0	0.008297516
292	0.6649	5.10148282	0	0.008297516	792	0.7927	2.903880489	0	0.008297516
293	0.3654	12.58453294	0	0.008297516	793	0.193	20.56331363	0	0.008297516
294	0.14	24.5764107	0	0.008297516	794	0.9096	1.184379207	0	0.008297516
295	0.5668	7.09685964	0	0.008297516	795	0.9222	1.01241449	0	0.008297516
296	0.823	2.434988479	0	0.008297516	796	0.0133	53.99989055	0	0.008297516
297	0.6739	4.933419338	0	0.008297516	797	0.7675	3.307709994	0	0.008297516
298	0.9994	0.007502251	0.072631697	0	798	0.9473	0.676743076	0.106672656	0
299	0.9616	0.48945894	0.097031381	0	799	0.8133	2.583190423	0	0.008297516
300	0.0589	35.39892735	0	0.008297516	800	0.9238	0.990746012	0.1230413	0
301	0.3603	12.76022827	0	0.008297516	801	0.199	20.18063068	0	0.008297516
302	0.5485	7.507099991	0	0.008297516	802	0.6743	4.926002041	0	0.008297516
303	0.2618	16.75218032	0	0.008297516	803	0.9271	0.946173055	0.120702078	0
304	0.5973	6.441697241	0	0.008297516	804	0.3438	13.34618983	0	0.008297516
305	0.0493	37.62288997	0	0.008297516	805	0.5945	6.500432036	0	0.008297516
306	0.5711	7.002386916	0	0.008297516	806	0.6155	6.066504167	0	0.008297516
307	0.7009	4.442375693	0	0.008297516	807	0.0034	71.04974809	0	0.008297516
308	0.9623	0.480362833	0.096565414	0	808	0.982	0.227049633	0.083673679	0
309	0.7505	3.587695349	0	0.008297516	809	0.8995	1.32395282	0	0.008297516
310	0.74	3.76381366	0	0.008297516	810	0.6928	4.587674022	0	0.008297516
311	0.4319	10.49451499	0	0.008297516	811	0.4397	10.27078253	0	0.008297516

312	0.6343	5.690415629	0	0.008297516	812	0.701	4.440592399	0	0.008297516
313	0.803	2.742507063	0	0.008297516	813	0.6097	6.184853076	0	0.008297516
314	0.0839	30.97662082	0	0.008297516	814	0.2999	15.05382742	0	0.008297516
315	0.9455	0.700517386	0.107903014	0	815	0.856	1.943561286	0	0.008297516
316	0.9159	1.098101132	0	0.008297516	816	0.1121	27.35454936	0	0.008297516
317	0.602	6.343722921	0	0.008297516	817	0.2916	15.40465349	0	0.008297516
318	0.2536	17.14996321	0	0.008297516	818	0.0974	29.11161335	0	0.008297516
319	0.8735	1.690589368	0	0.008297516	819	0.3974	11.53514936	0	0.008297516
320	0.5134	8.333750132	0	0.008297516	820	0.3333	13.73390367	0	0.008297516
321	0.7327	3.887736723	0	0.008297516	821	0.9442	0.717715886	0.108793975	0
322	0.4222	10.77845179	0	0.008297516	822	0.8386	2.200268053	0	0.008297516
323	0.9614	0.492059044	0.097164616	0	823	0.2584	16.91558134	0	0.008297516
324	0.0721	32.87126543	0	0.008297516	824	0.0429	39.36104316	0	0.008297516
325	0.5534	7.395927645	0	0.008297516	825	0.0059	64.1600366	0	0.008297516
326	0.292	15.38751846	0	0.008297516	826	0.5744	6.930365766	0	0.008297516
327	0.858	1.914389744	0	0.008297516	827	0.7439	3.698108272	0	0.008297516
328	0.3358	13.64049418	0	0.008297516	828	0.8068	2.683493411	0	0.008297516
329	0.6802	4.81710508	0	0.008297516	829	0.6376	5.625551894	0	0.008297516
330	0.0534	36.62430666	0	0.008297516	830	0.2513	17.26384793	0	0.008297516
331	0.3567	12.88575233	0	0.008297516	831	0.1443	24.19826017	0	0.008297516
332	0.4983	8.706912171	0	0.008297516	832	0.6516	5.354055028	0	0.008297516
333	0.4344	10.42236888	0	0.008297516	833	0.9461	0.692587591	0.107492472	0
334	0.5625	7.192051811	0	0.008297516	834	0.8159	2.543293507	0	0.008297516
335	0.6166	6.044184544	0	0.008297516	835	0.9302	0.904445777	0.11851692	0
336	0.1133	27.22145139	0	0.008297516	836	0.3099	14.64382018	0	0.008297516
337	0.8983	1.340639884	0	0.008297516	837	0.2688	16.42234588	0	0.008297516
338	0.7546	3.519593393	0	0.008297516	838	0.5365	7.783608961	0	0.008297516
339	0.7911	2.929136212	0	0.008297516	839	0.1633	22.65207849	0	0.008297516
340	0.815	2.557089572	0	0.008297516	840	0.211	19.44871432	0	0.008297516
341	0.67	5.005969582	0	0.008297516	841	0.2168	19.10975012	0	0.008297516
342	0.2009	20.06185009	0	0.008297516	842	0.6518	5.350218907	0	0.008297516
343	0.2731	16.22396563	0	0.008297516	843	0.0528	36.7655511	0	0.008297516
344	0.6262	5.851068376	0	0.008297516	844	0.2293	18.40905111	0	0.008297516
345	0.5369	7.774292769	0	0.008297516	845	0.6674	5.054571408	0	0.008297516
346	0.0595	35.27223708	0	0.008297516	846	0.3109	14.60354952	0	0.008297516

347	0.089	30.23898637	0	0.008297516	847	0.3066	14.77764141	0	0.008297516
348	0.2713	16.30662574	0	0.008297516	848	0.7207	4.094153963	0	0.008297516
349	0.4091	11.17244568	0	0.008297516	849	0.9544	0.583405102	0.101856388	0
350	0.474	9.331849466	0	0.008297516	850	0.1311	25.3974361	0	0.008297516
351	0.909	1.19262731	0	0.008297516	851	0.0683	33.54806891	0	0.008297516
352	0.5962	6.464738722	0	0.008297516	852	0.1252	25.97303525	0	0.008297516
353	0.329	13.8962191	0	0.008297516	853	0.1662	22.43204246	0	0.008297516
354	0.4782	9.221577799	0	0.008297516	854	0.9114	1.159667502	0	0.008297516
355	0.5972	6.443790166	0	0.008297516	855	0.1363	24.91121175	0	0.008297516
356	0.1614	22.79836904	0	0.008297516	856	0.617	6.036078188	0	0.008297516
357	0.8295	2.336652117	0	0.008297516	857	0.269	16.41304874	0	0.008297516
358	0.9561	0.561159611	0.100711827	0	858	0.2207	18.88688707	0	0.008297516
359	0.5955	6.479423627	0	0.008297516	859	0.7129	4.230176511	0	0.008297516
360	0.0287	44.38572695	0	0.008297516	860	0.549	7.495710468	0	0.008297516
361	0.8121	2.601647421	0	0.008297516	861	0.9413	0.756167255	0.110788706	0
362	0.6101	6.17665501	0	0.008297516	862	0.3299	13.86207126	0	0.008297516
363	0.7015	4.431679743	0	0.008297516	863	0.7045	4.378336846	0	0.008297516
364	0.0922	29.79743936	0	0.008297516	864	0.9434	0.728311352	0.10934325	0
365	0.4249	10.6987679	0	0.008297516	865	0.5816	6.77465441	0	0.008297516
366	0.3756	12.24038165	0	0.008297516	866	0.8802	1.595076558	0	0.008297516
367	0.1662	22.43204246	0	0.008297516	867	0.7496	3.602694351	0	0.008297516
368	0.8332	2.28101962	0	0.008297516	868	0.3796	12.10796515	0	0.008297516
369	0.8386	2.200268053	0	0.008297516	869	0.7256	4.009454752	0	0.008297516
370	0.4516	9.936980584	0	0.008297516	870	0.1628	22.69041032	0	0.008297516
371	0.9566	0.554624347	0.10037582	0	871	0.9562	0.559852285	0.100644603	0
372	0.1472	23.94953841	0	0.008297516	872	0.1962	20.35775915	0	0.008297516
373	0.8699	1.742212706	0	0.008297516	873	0.7762	3.166813251	0	0.008297516
374	0.7694	3.276803608	0	0.008297516	874	0.6133	6.111263329	0	0.008297516
375	0.4442	10.14350459	0	0.008297516	875	0.1623	22.72886006	0	0.008297516
376	0.6206	5.963356587	0	0.008297516	876	0.0311	43.38184325	0	0.008297516
377	0.9517	0.618817749	0.103681046	0	877	0.2886	15.53392041	0	0.008297516
378	0.64	5.578588783	0	0.008297516	878	0.9711	0.366572867	0.090754158	0
379	0.2473	17.46441381	0	0.008297516	879	0.9505	0.634588963	0.104494707	0
380	0.3527	13.02671802	0	0.008297516	880	0.228	18.48012063	0	0.008297516
381	0.1879	20.89806716	0	0.008297516	881	0.9585	0.529821456	0.099101594	0

382	0.4906	8.901576839	0	0.008297516	882	0.6799	4.822619381	0	0.008297516
383	0.4093	11.16633619	0	0.008297516	883	0.055	36.25527617	0	0.008297516
384	0.4635	9.611861175	0	0.008297516	884	0.5998	6.389487658	0	0.008297516
385	0.6109	6.160274992	0	0.008297516	885	0.3931	11.67114058	0	0.008297516
386	0.0712	33.02828076	0	0.008297516	886	0.2154	19.19073143	0	0.008297516
387	0.3143	14.46759169	0	0.008297516	887	0.1824	21.26941502	0	0.008297516
388	0.6084	6.211533982	0	0.008297516	888	0.0768	32.08188299	0	0.008297516
389	0.175	21.78711631	0	0.008297516	889	0.0074	61.32844098	0	0.008297516
390	0.621	5.955302463	0	0.008297516	890	0.7888	2.965530946	0	0.008297516
391	0.246	17.53029679	0	0.008297516	891	0.0178	50.35696027	0	0.008297516
392	0.5874	6.650615753	0	0.008297516	892	0.8779	1.627782338	0	0.008297516
393	0.5061	8.51276251	0	0.008297516	893	0.3525	13.03380821	0	0.008297516
394	0.4648	9.576850918	0	0.008297516	894	0.7221	4.069895569	0	0.008297516
395	0.5414	7.669961273	0	0.008297516	895	0.9685	0.400084952	0.092462187	0
396	0.9423	0.742894797	0.110099741	0	896	0.1557	23.2478025	0	0.008297516
397	0.3418	13.41911885	0	0.008297516	897	0.163	22.67506348	0	0.008297516
398	0.4018	11.39751033	0	0.008297516	898	0.3134	14.50343686	0	0.008297516
399	0.3077	14.73287496	0	0.008297516	899	0.0294	44.08450756	0	0.008297516
400	0.4116	11.09629094	0	0.008297516	900	0.3576	12.85425295	0	0.008297516
401	0.2859	15.65141475	0	0.008297516	901	0.0272	45.05672882	0	0.008297516
402	0.3941	11.63938243	0	0.008297516	902	0.7937	2.888121536	0	0.008297516
403	0.503	8.589563861	0	0.008297516	903	0.9992	0.010004002	0.072756839	0
404	0.722	4.071626751	0	0.008297516	904	0.1102	27.56822978	0	0.008297516
405	0.3062	14.79395995	0	0.008297516	905	0.6226	5.923137762	0	0.008297516
406	0.1122	27.34340357	0	0.008297516	906	0.1326	25.25522752	0	0.008297516
407	0.4433	10.16885672	0	0.008297516	907	0.31	14.63978727	0	0.008297516
408	0.4668	9.523179732	0	0.008297516	908	0.1348	25.04953851	0	0.008297516
409	0.0147	52.74884731	0	0.008297516	909	0.2233	18.740489	0	0.008297516
410	0.6641	5.11653173	0	0.008297516	910	0.3965	11.56349047	0	0.008297516
411	0.7241	4.035322182	0	0.008297516	911	0.1351	25.02175043	0	0.008297516
412	0.2816	15.84084568	0	0.008297516	912	0.2411	17.78179367	0	0.008297516
413	0.2618	16.75218032	0	0.008297516	913	0.9275	0.940781056	0.120419456	0
414	0.7085	4.307565248	0	0.008297516	914	0.3911	11.73489997	0	0.008297516
415	0.7839	3.043422722	0	0.008297516	915	0.5113	8.384984711	0	0.008297516
416	0.9862	0.173701315	0.080979404	0	916	0.0929	29.70289541	0	0.008297516

417	0.4733	9.350323026	0	0.008297516	917	0.0217	47.88053773	0	0.008297516
418	0.9028	1.278177925	0	0.008297516	918	0.1595	22.94639196	0	0.008297516
419	0.4511	9.950827932	0	0.008297516	919	0.8445	2.112631784	0	0.008297516
420	0.8045	2.719178907	0	0.008297516	920	0.8792	1.609285949	0	0.008297516
421	0.8289	2.34569698	0	0.008297516	921	0.187	20.95808328	0	0.008297516
422	0.1663	22.42452366	0	0.008297516	922	0.9913	0.109225824	0.077732745	0
423	0.3939	11.64572761	0	0.008297516	923	0.712	4.245967095	0	0.008297516
424	0.5208	8.154864851	0	0.008297516	924	0.8714	1.720677066	0	0.008297516
425	0.7181	4.139330548	0	0.008297516	925	0.4796	9.185035698	0	0.008297516
426	0.5692	7.04404266	0	0.008297516	926	0.496	8.764741903	0	0.008297516
427	0.4608	9.68488962	0	0.008297516	927	0.2875	15.58165523	0	0.008297516
428	0.4453	10.11258833	0	0.008297516	928	0.0609	34.9815263	0	0.008297516
429	0.0877	30.42291725	0	0.008297516	929	0.2625	16.71880246	0	0.008297516
430	0.4435	10.16321847	0	0.008297516	930	0.1863	21.00496252	0	0.008297516
431	0.3663	12.55378261	0	0.008297516	931	0.9171	1.081734518	0	0.008297516
432	0.3025	14.94592502	0	0.008297516	932	0.1233	26.16418586	0	0.008297516
433	0.8518	2.005044019	0	0.008297516	933	0.0134	53.90625715	0	0.008297516
434	0.7595	3.438686962	0	0.008297516	934	0.3697	12.43829266	0	0.008297516
435	0.9498	0.643798036	0.104970115	0	935	0.6986	4.483461833	0	0.008297516
436	0.5579	7.294694302	0	0.008297516	936	0.8893	1.466508032	0	0.008297516
437	0.0142	53.18141643	0	0.008297516	937	0.5938	6.515158958	0	0.008297516
438	0.5962	6.464738722	0	0.008297516	938	0.1567	23.16777662	0	0.008297516
439	0.8162	2.5386982	0	0.008297516	939	0.3167	14.37250407	0	0.008297516
440	0.9771	0.289578475	0.086840765	0	940	0.2334	18.18751949	0	0.008297516
441	0.2219	18.81910561	0	0.008297516	941	0.0084	59.74404466	0	0.008297516
442	0.7037	4.392539375	0	0.008297516	942	0.3969	11.55088649	0	0.008297516
443	0.5221	8.123701732	0	0.008297516	943	0.6499	5.386709676	0	0.008297516
444	0.9329	0.868215813	0.116623337	0	944	0.085	30.81380028	0	0.008297516
445	0.7134	4.221412576	0	0.008297516	945	0.7688	3.286555267	0	0.008297516
446	0.228	18.48012063	0	0.008297516	946	0.9697	0.384606671	0.091672941	0
447	0.4496	9.992462255	0	0.008297516	947	0.7148	4.196906196	0	0.008297516
448	0.1722	21.98873359	0	0.008297516	948	0.782	3.07375673	0	0.008297516
449	0.9688	0.396213584	0.092264727	0	949	0.2376	17.96458364	0	0.008297516
450	0.3557	12.920845	0	0.008297516	950	0.1957	20.38965506	0	0.008297516
451	0.049	37.69918726	0	0.008297516	951	0.2632	16.68551349	0	0.008297516



452	0.7553	3.508003221	0	0.008297516	952	0.7138	4.214405849	0	0.008297516
453	0.8948	1.389438117	0	0.008297516	953	0.9776	0.283183632	0.086516411	0
454	0.2861	15.64267349	0	0.008297516	954	0.6371	5.635358123	0	0.008297516
455	0.2512	17.26882305	0	0.008297516	955	0.5459	7.566493377	0	0.008297516
456	0.9327	0.870895916	0.116763296	0	956	0.8481	2.05945907	0	0.008297516
457	0.131	25.40697445	0	0.008297516	957	0.8021	2.756524883	0	0.008297516
458	0.9408	0.762808773	0.111133635	0	958	0.6683	5.037726306	0	0.008297516
459	0.7019	4.424554191	0	0.008297516	959	0.671	4.987326775	0	0.008297516
460	0.8477	2.065355992	0	0.008297516	960	0.8206	2.471493737	0	0.008297516
461	0.2093	19.54983312	0	0.008297516	961	0.9705	0.374298455	0.091147658	0
462	0.4551	9.840476299	0	0.008297516	962	0.4869	8.996206447	0	0.008297516
463	0.0811	31.40090397	0	0.008297516	963	0.8175	2.518804703	0	0.008297516
464	0.8511	2.015320606	0	0.008297516	964	0.6416	5.54737778	0	0.008297516
465	0.562	7.203167864	0	0.008297516	965	0.3063	14.78987831	0	0.008297516
466	0.3193	14.27030224	0	0.008297516	966	0.6609	5.176909206	0	0.008297516
467	0.3749	12.26369944	0	0.008297516	967	0.358	12.84027866	0	0.008297516
468	0.8678	1.77242507	0	0.008297516	968	0.9382	0.797401664	0.112932078	0
469	0.3722	12.35404918	0	0.008297516	969	0.4877	8.975685203	0	0.008297516
470	0.0737	32.596906	0	0.008297516	970	0.091	29.96119716	0	0.008297516
471	0.1998	20.13048016	0	0.008297516	971	0.6738	4.93527435	0	0.008297516
472	0.0495	37.57228262	0	0.008297516	972	0.5149	8.297282149	0	0.008297516
473	0.5667	7.099065198	0	0.008297516	973	0.2216	18.83601655	0	0.008297516
474	0.1219	26.30692803	0	0.008297516	974	0.725	4.019795302	0	0.008297516
475	0.5221	8.123701732	0	0.008297516	975	0.0682	33.56638393	0	0.008297516
476	0.1171	26.8090876	0	0.008297516	976	0.9641	0.457003191	0.095369738	0
477	0.7699	3.268683034	0	0.008297516	977	0.2077	19.64575685	0	0.008297516
478	0.3751	12.25703277	0	0.008297516	978	0.1611	22.82162486	0	0.008297516
479	0.8234	2.428914621	0	0.008297516	979	0.6382	5.613794564	0	0.008297516
480	0.0466	38.32693422	0	0.008297516	980	0.0002	106.4649149	0	0.008297516
481	0.5979	6.429147039	0	0.008297516	981	0.3356	13.6479413	0	0.008297516
482	0.9492	0.65169693	0.10537806	0	982	0.2751	16.13275764	0	0.008297516
483	0.2888	15.5252609	0	0.008297516	983	0.0445	38.90332612	0	0.008297516
484	0.8888	1.473538008	0	0.008297516	984	0.0939	29.56906116	0	0.008297516
485	0.1016	28.5838968	0	0.008297516	985	0.41	11.14497649	0	0.008297516
486	0.0653	34.10954053	0	0.008297516	986	0.8169	2.527982383	0	0.008297516

487	0.2343	18.13941167	0	0.008297516	987	0.8705	1.733593997	0	0.008297516
488	0.9331	0.865536284	0.116483425	0	988	0.0226	47.37256716	0	0.008297516
489	0.0631	34.53793137	0	0.008297516	989	0.7272	3.981921701	0	0.008297516
490	0.2642	16.63811109	0	0.008297516	990	0.848	2.06093304	0	0.008297516
491	0.9995	0.006251563	0.072569141	0	991	0.7286	3.95787993	0	0.008297516
492	0.212	19.38961255	0	0.008297516	992	0.9551	0.574240399	0.101384697	0
493	0.4984	8.704403894	0	0.008297516	993	0.6564	5.262311497	0	0.008297516
494	0.2905	15.45189628	0	0.008297516	994	0.7423	3.725022561	0	0.008297516
495	0.6728	4.953839629	0	0.008297516	995	0.345	13.30263577	0	0.008297516
496	0.958	0.536343763	0.099436519	0	996	0.884	1.541227704	0	0.008297516
497	0.7666	3.322376575	0	0.008297516	997	0.3472	13.2231787	0	0.008297516
498	0.6661	5.07894337	0	0.008297516	998	0.0595	35.27223708	0	0.008297516
499	0.1309	25.41652008	0	0.008297516	999	0.7184	4.134109525	0	0.008297516
500	0.0954	29.37095876	0	0.008297516	1000	0.9582	0.533734432	0.099302515	0
					<b>SUMA</b>				
					<b>0.0078178 0.007642012</b>				