

BONOS CATASTRÓFICOS PARA EL TERRITORIO COLOMBIANO

AUTORES:

**LEIDY VIVIANA AVELLANEDA RANGEL
INGRID PAOLA JAIMES NIEDERBACHER**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO FINANCIERO**

ASESOR:

ING. EDGAR LUNA GONZÁLEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
1952

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUCARAMANGA
ESCUELA DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA FINANCIERA
BUCARAMANGA**

2008

Nota de aceptación:

Firma del Asesor

Firma del Evaluador

Firma del Evaluador

Bucaramanga, 14 de Abril de 2008

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	
1. OBJETIVOS	11
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2. SISMOS E INUNDACIONES EN COLOMBIA.....	13
2.1 SISMOS	13
2.2 INUNDACIONES	19
3. BONOS	22
4. ALTERNATIVAS DE TRANSFERENCIA DE RIESGO.....	28
4.1 REASEGURO	28
4.1.1 Según el tipo de contrato.....	28
4.1.2 Según el riesgo implícito.....	29

4.2 BONOS CATASTRÓFICOS	29
4.3 DIFERENCIAS ENTRE BONOS CATASTRÓFICOS Y REASEGURO	36
5. TEORÍAS DE CÁLCULO DE LOS BONOS CATASTRÓFICOS	39
5.1 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL	39
5.2 CRITERIO DE INFORMACIÓN BAYESIANO	40
5.3 PROCESO DE POISSON HOMOGÉNEO	41
5.4 VARIABLES	41
5.5 VALORACIÓN DE LOS BONOS CATASTRÓFICOS.....	42
5.5.1 Cálculo actuarial del precio del bono.....	42
5.5.2 Reaseguro de catástrofes por medio de bonos de alto rendimiento....	45
5.5.3 Contratos de futuros en Bonos Catastróficos	47
6. ESTIMACIÓN DEL BONO CATASTRÓFICO EN COLOMBIA.....	49
6.1 REGRESIÓN LINEAL.....	49
6.2 PROCESO POISSON HOMOGÉNEO	51
6.3 MODELAJE DEL BONO CATASTRÓFICO EN COLOMBIA.....	53

6.4 SIMULACIÓN DEL BONO CATASTRÓFICO EN COLOMBIA.....61

7. CONCLUSIONES.....63

BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Escala de Richter.....	14
Tabla 2. Escala de Mercalli.....	15
Tabla 3. Zonas de amenaza sísmica para las ciudades capitales del país.	17
Tabla 4. Criterios de calificación de títulos de largo plazo.....	26
Tabla 5. Probabilidades de ocurrencia de terremotos	53
Tabla 6. Tasas de interés instantáneas en caso de no evento I	56
Tabla 7. Tasas de interés instantáneas en caso de no evento II	56
Tabla 8. Tasas de interés instantáneas en caso de no evento III	56
Tabla 9. Tasas de interés instantáneas en caso de evento	57
Tabla 10. Tasas de interés en caso de no evento a través del tiempo	57
Tabla 11. Disponibles esperados para el gobierno y el inversionista	59

Tabla 12. Disponibles esperados para el gobierno y el inversionista, calculados con distintas probabilidades de ocurrencia60

Tabla 13. Beneficios que se obtienen por la ocurrencia o no del evento61

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localización de sismos.....	16
Figura 2. Amenaza sísmica en Colombia.	17
Figura 3. Amenaza de inundaciones en Colombia.	21
Figura 4. Estructura básica de un bono catastrófico.....	30
Figura 5. Estructura del bono Clase A-1	35
Figura 6. Estructura del bono Clase A-2.....	36
Figura 7. Zona de pagos.....	52
Figura 8. Bono en el tiempo.....	58

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Base de datos final	70
Anexo 2. Modelos	71
Anexo 3. Simulaciones	72

INTRODUCCIÓN

Debido a su localización en el Anillo Sísmico Circumpacífico, su ubicación en tres cadenas montañosas y su variedad de clima, Colombia está expuesta a la ocurrencia de diversos desastres naturales. Entre los fenómenos naturales que generan mayor nivel de riesgo para la población se encuentran los sismos y las inundaciones, los cuales históricamente han sido importantes, bien sean por su magnitud o por el daño que han causado.

Estudios recientes demuestran que Colombia presenta el promedio anual de eventos ocurridos más alto de Latinoamérica, incluso ligeramente mayor que el de países con altos índices de ocurrencia de desastres como es el caso de Perú. Del mismo modo muestran que el impacto de los desastres naturales está aumentando y que es probable que afecten la estabilidad fiscal del país.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, y sabiendo que Colombia no dispone de los recursos necesarios para cubrir las pérdidas económicas y materiales generadas por eventos siniestrales, se pretende ajustar este tipo de producto al mercado colombiano, tomando como referencia las características de éste en el mercado mexicano.

Con tal propósito, el presente trabajo desarrolla la documentación referente a los sismos e inundaciones ocurridos en Colombia; del mismo modo, realiza una descripción de los Bonos Catastróficos y del Reaseguro, con el fin de obtener las principales diferencias entre estos instrumentos; también explica los diferentes métodos para el cálculo de este producto; y por último, presenta el precio de la posible emisión de Bonos Catastróficos para sismos en Colombia.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la posible introducción de los Bonos Catastróficos en Colombia, tomando como referencia las características de este producto negociado en el mercado mexicano.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desarrollar una documentación referente a los sismos e inundaciones en Colombia.
2. Realizar una descripción de los Bonos Catastróficos.
3. Obtener las principales diferencias entre los Bonos Catastróficos y el Reaseguro.
4. Explicar los diferentes métodos y variables para lograr el cálculo de los Bonos Catastróficos.
5. Calcular el precio de la posible emisión de Bonos Catastróficos para sismos e inundaciones en Colombia.

6. Verificar el funcionamiento de los Bonos Catastróficos diseñados para sismos e inundaciones en Colombia, por medio de simulaciones.

2. SISMOS E INUNDACIONES EN COLOMBIA

2.1 SISMOS

Son movimientos bruscos que ocurren en la corteza terrestre debido a su permanente estado de cambio, lo que hace que ésta se fracture y que sus placas tectónicas¹ se muevan. Como consecuencia se origina una liberación de energía que se propaga en forma de ondas sísmicas. Estas vibraciones pueden durar desde 10 segundos hasta 3 minutos, y se clasifican en microsismo, macrosismo y megasismo, estos dos últimos también se conocen con el nombre de “Terremoto”.²

Las ondas sísmicas se clasifican en internas y superficiales. Las ondas internas se subdividen en: ondas primarias u ondas P, las cuales oscilan en el mismo sentido de su trayectoria, son las de mayor velocidad y pueden propagarse a través de cualquier material; ondas secundarias u ondas S, en estas las partículas se desplazan perpendicularmente a su movimiento, son las segundas en llegar y pueden viajar solo a través de materiales sólidos. Las ondas superficiales se propagan sobre la corteza terrestre, se desplazan a menor velocidad y debido a su baja resonancia se consideran las más destructivas.

De acuerdo con su origen los sismos se pueden clasificar en artificiales y naturales, los cuales se dividen en: volcánicos, tectónicos y locales. Los primeros

¹ Fragmentos de litósfera que se desplazan unos hacia otros bajo la presión que ellos ejercen.

² APARICIO, José A. Guía de riesgos: Sismos [en línea]. [Andalucía, España]: Protección civil de Andalucía, 2002, actualizado en 2005. Disponible en: <http://www.proteccioncivil-andalucia.org/Emergencias/Sismos.htm>

se producen como consecuencia de la actividad de los volcanes y son de poca intensidad y magnitud; los tectónicos son producidos por terremotos y se clasifican en interplaca, cuya magnitud es mayor a 7 grados, e intraplaca, con magnitudes inferiores; los locales se generan debido a hundimientos y huecos subterráneos que afectan pequeñas regiones.

Existen varias escalas para medir que tan fuerte es un sismo. La magnitud de los sismos, es decir, la cantidad de energía liberada en el epicentro, se mide por medio de la escala de Richter y los efectos causados sobre las edificaciones, también llamados “Intensidad”, por medio de la escala de Mercalli.

El sismógrafo es uno de los instrumentos usados para medir la energía liberada en un terremoto. El registro obtenido por este instrumento se denomina sismograma. En 1935, el investigador Charles Richter con colaboración de Beno Gutenberg desarrolló la escala de magnitud (M). Sin embargo, en la actualidad se da preferencia a la magnitud momento (M_w), pues a diferencia de las otras escalas, ésta puede ser aplicada a cualquier temblor.

Tabla 1. Escala de Richter

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

Fuente: Instituto de geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México.

La escala de Mercalli fue creada en 1902 por el sismólogo italiano, Giuseppe Mercalli, esta se conoce como una escala subjetiva, pues se basa en la

percepción humana. La escala de intensidades de Mercalli modificada (IMM), se resume en grados de I a XII.

Tabla 2. Escala de Mercalli

Grado	Observaciones
I	Microsismo, detectado por instrumentos
II	Sentido por algunas personas
III	Sentido por algunas personas dentro de edificios
IV	Sentido por algunas personas fuera de edificios
V	Sentido por casi todos
VI	Sentido por todos
VII	Las construcciones sufren daño moderado
VIII	Daños considerables en estructuras
IX	Daños graves y pánico general
X	Destrucción en edificios bien construidos
XI	Casi nada queda en pie
XII	Destrucción total

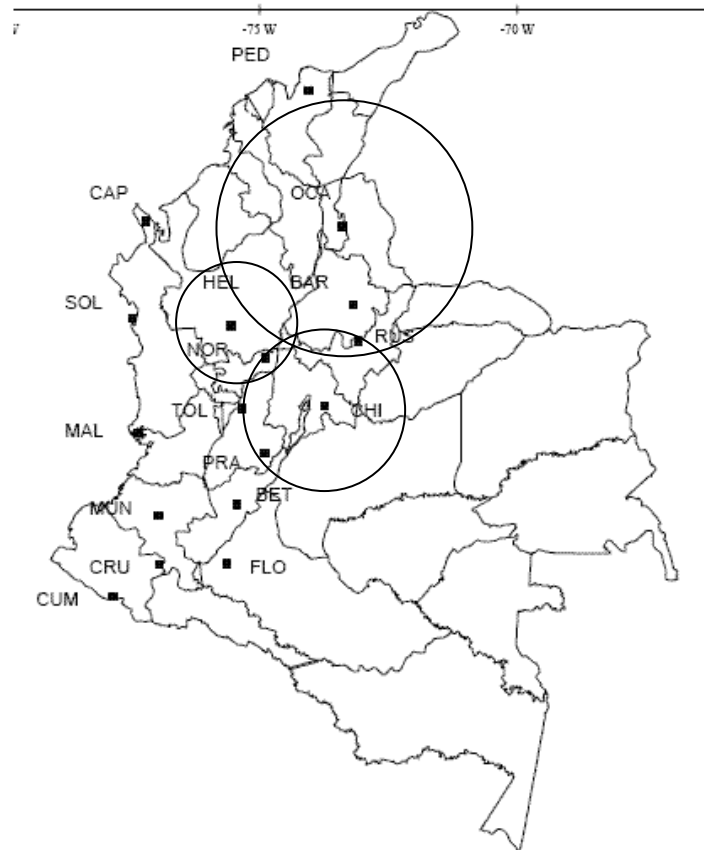
Fuente: SENA. Ministerio de la protección social.

Aunque gran parte de la labor de los sismólogos está enfocada a la predicción de terremotos, aún no se ha encontrado un procedimiento con suficiente soporte científico capaz de considerar elementos como hora, lugar y magnitud exacta del evento. Teniendo en cuenta lo anterior, resulta más realista hablar sobre el riesgo de terremotos que sobre la predicción de estos. Sin embargo, en la normatividad sismorresistente de muchos países, entre ellos Colombia, se ha incorporado la teoría de Poisson como aproximación probabilística para determinar periodos de retorno.

Con el fin de determinar el epicentro de un sismo es necesario ubicar en un mapa mínimo tres estaciones sismológicas, y sobre ellas trazar un círculo cuyo radio sea igual a la distancia entre la estación y el epicentro, la intersección de dichos

círculos representa este punto o región. Cabe mencionar que en la práctica este procedimiento es más complejo, aunque el principio general sea el mismo.³

Figura 1. Localización de sismos.

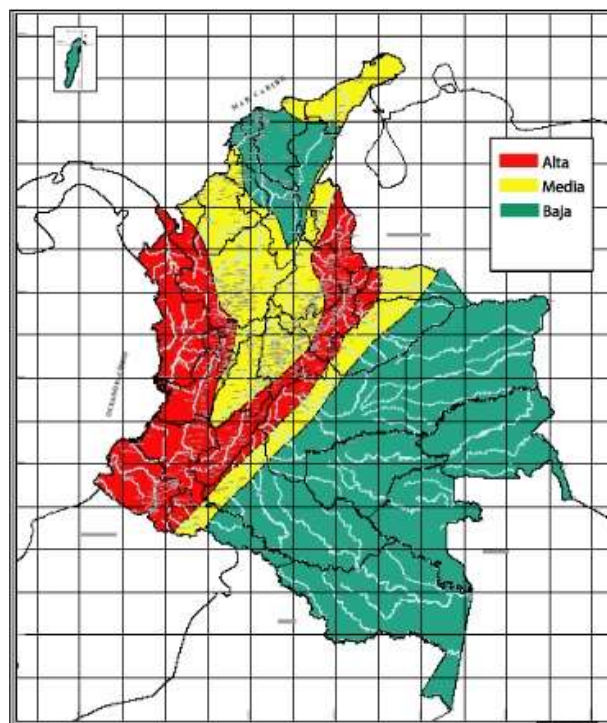


Fuente: Importancia de considerar corteza no-homogénea en sismología: Universidad Nacional de Colombia. Vol. 70, No. 139 (Julio 2003). Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2003. pp. 59-67. ISSN 0012-7353.

³ SUÁREZ, Gerardo y JIMÉNEZ, Zenón. Sismo en la ciudad de México y el terremoto del 19 de septiembre de 1985 [en línea]. [México DF, México]: Instituto de geofísica UNAM, 1987. Disponible en: <http://www.ssn.unam.mx/website/jsp/Sismo85/sismo85-idx.htm>

Colombia está ubicada en una de las zonas sísmicas más activas de la tierra, la cual se conoce con el nombre de Anillo Sísmico Circumpacífico. De acuerdo con el Estudio General de Amenaza Sísmica para Colombia, el país está dividido en tres tipos de zonas de amenaza: amenaza sísmica alta, amenaza sísmica media y amenaza sísmica baja.⁴

Figura 2. Amenaza sísmica en Colombia.



Fuente: Red sismológica nacional de Colombia. INGEOMINAS.

Tabla 3. Zonas de amenaza sísmica para las ciudades capitales del país.

Ciudad	Zona de amenaza sísmica
Armenia	Alta
Bucaramanga	Alta

⁴ INGEOMINAS. Amenaza sísmica [en línea]. [Bogotá, Colombia]: INGEOMINAS, 1997. Disponible en: http://www.ingeminas.gov.co/index.php?option=com_wrapper&Itemid=304

Cali	Alta
Cúcuta	Alta
Manizales	Alta
Mocoa	Alta
Neiva	Alta
Pasto	Alta
Pereira	Alta
Popayán	Alta
Quibdó	Alta
Villavicencio	Alta
Arauca	Intermedia
Bogotá D.C.	Intermedia
Florencia	Intermedia
Ibagué	Intermedia
Medellín	Intermedia
Montería	Intermedia
Riohacha	Intermedia
Santa Marta	Intermedia
Sincelejo	Intermedia
Tunja	Intermedia
Yopal	Intermedia
Barranquilla	Baja
Cartagena	Baja
Leticia	Baja
Mitú	Baja
Puerto Carreño	Baja
Puerto Inírida	Baja
San Andrés, Isla	Baja
San José del Guaviare	Baja
Valledupar	Baja

Fuente: Reglamento de Construcciones Sismorresistentes NSR-98, Tomo I.

Hasta el momento, la máxima magnitud registrada en el territorio colombiano corresponde a 6,7 grados en la escala de Richter, para el terremoto que ocurrió en la ciudad de Cali el 15 de noviembre de 2004. De acuerdo con el catalogo de sismicidad instrumental de la Red Sismológica Nacional de Colombia, en los

últimos 15 años se han presentado cerca de 200 sismos con magnitud superior a 5 grados Richter.

El sismo que tuvo lugar en octubre 22 de 2002 en el departamento de Bolívar con profundidad de 279,9 Km, ha sido el de mayor registro en el territorio nacional desde 1993. Contrario a lo que se piensa, los sismos superficiales son más destructores que los profundos. Sin embargo, el hecho que un sismo sea superficial no implica daños, ya que estos dependen de otros factores adicionales, como son magnitud y distancia.

La longitud se nombra en función de la dirección del punto a referenciar, así pues se habla de longitud Este (+) o longitud Oeste (-). En los últimos años, la máxima longitud oeste registrada en Colombia ha sido de $-67,17^{\circ}$ y la mínima de $-81,75^{\circ}$.

Se habla de latitud Norte (+) si el punto de referencia se encuentra sobre la línea del ecuador o latitud Sur (-) si está debajo de ella. En 1998 se presentó la máxima latitud norte de los últimos años, con un registro de $14,90^{\circ}$ y en 2006 la observación mínima con $-2,65^{\circ}$.

2.2 INUNDACIONES

Son un fenómeno natural que se produce en las corrientes de agua, como resultado de lluvias intensas o continuas que sobrepasan la capacidad de retención del suelo y de los cauces.⁵

⁵ IDEAM. Definiciones [en línea]. [Bogotá, Colombia]: IDEAM, 2001. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/alertas/defini/index4.htm>

Las inundaciones se pueden dividir en: lenta o de tipo aluvial, súbita o de tipo torrencial y encharcamiento. Las primeras se producen sobre terrenos planos que desaguan muy lentamente; las de tipo torrencial se producen por la presencia de grandes cantidades de agua en cortos periodos de tiempo; los encharcamientos se caracterizan por la presencia de pequeñas zonas de agua sobre la superficie del suelo.

El nivel crítico, es decir, profundidad en la que un río se encuentra en alerta por posibles desbordamientos que pueden ocasionar inundaciones, se mide por medio de escalas hidrométricas y la velocidad del flujo de agua, también llamada “impacto”, por medio de un aforo con flotador.

Generalmente, las escalas hidrométricas proporcionan información suficiente para un pronóstico de inundación confiable. Estos instrumentos no son más que unas reglas con las cuales se lee el nivel de agua de los ríos y quebradas.

Una aproximación de la velocidad se puede calcular situando el aforo con flotador en el cuerpo de agua y tomando varias muestras por secciones. El flotador debe ser más ligero que el agua, pero no tan liviano pues el viento afectaría su propósito.

En Colombia las regiones con mayor riesgo de inundación son la Orinoquía, por ser un territorio plano; la del Caribe, por ser una zona cercana a los ríos o antiguos cauces; y la Pacífica, por encontrarse cerca de la cordillera de los Andes, que hace de barrera impidiendo que las nubes formadas en el océano se trasladen hacia el centro del país.

Figura 3. Amenaza de inundaciones en Colombia.



Fuente: TODA COLOMBIA. Geografía de Colombia [en línea]. [Bogotá, Colombia]: Toda Colombia, 2005. Disponible en:

<http://www.todacolombia.com/geografia/mapas/reginoesnaturalesblanco.gif>

La inundación que tuvo lugar el día 8 de noviembre de 2004 en la ciudad de Cartagena, como consecuencia de ocho horas consecutivas de lluvia, ha sido una de las de mayor registro en el territorio nacional.⁶

⁶ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Evento: Ola invernal / Inundaciones. Colombia: Organización mundial de la salud, 2004, 2 p.

3. BONOS

Ante la necesidad de conseguir recursos para realizar inversiones, ampliar su capital, mejorar su nivel tecnológico o refinanciar deudas, algunas empresas y gobiernos se vieron en la obligación de buscar herramientas que permitieran la obtención de dichos recursos. Uno de estos instrumentos financieros fue lo que hoy conocemos como “Bonos”.

Los Bonos emitidos por empresas suelen denominarse Obligaciones Negociables -ONs-⁷, aunque tienen las mismas características de los Bonos del Estado, algunas ONs pueden ser convertidas en acciones, es decir, el titular puede quedarse con acciones de la empresa a cambio del monto de dinero pactado en el Bono, esto se hace por medio de cláusulas al momento de la emisión.

Estos productos son valores de deuda a largo plazo con riesgo moderado, se emiten en forma de títulos o certificados, en donde el emisor está obligado a devolver al comprador unos intereses o cupón periódicamente y el valor a la par o principal al vencimiento.

Los Bonos se negocian generalmente en las Bolsas de Valores, también pueden ser emitidos en el exterior en la moneda de dicho país. Algunos Bonos que el gobierno colombiano ha emitido en otros países son: “Samurái” en Japón,

⁷ ASKENAZY, Claudio. Mercado de capitales [en línea]. [Buenos Aires, Argentina]: Universidad del Salvador. Disponible en: <http://www.salvador.edu.ar/ua1-4-tpmc00-bo.htm>

“Yankee” en Estados Unidos, “Eurobonds” en el mercado europeo, “Bull dogs” en el Reino Unido, “Rembrandt” en Holanda, “Matador” en España, entre otros⁸.

Los Bonos generalmente tiene menos volatilidad que las acciones y son de dos tipos: los bonos con cupón, que proveen un flujo constante y determinado de dinero, es decir, pagos de interés periódicos durante la vida del mismo y los bonos cupón cero, que pagan los intereses al vencimiento más el valor facial o a la par, normalmente este interés es más alto que el de los bonos con cupón.

Algunas características que el inversor debe tener en cuenta antes de la adquisición de un bono son:

- Valor de compra o de emisión: Valor que el inversionista paga al momento de comprar el bono.
- Valor nominal: Cantidad de dinero que se devuelve al inversionista sin los intereses, al vencimiento del bono. Este puede ser mayor, menor o igual al valor de compra dependiendo de factores como la tasa de interés vigente en el momento de la emisión, la cantidad de dinero solicitada, la inflación del país, etc.
- Madurez, plazo o fecha de vencimiento: Es el plazo del bono, puede ser a corto plazo (menos de 1 año), a mediano plazo (entre 1 y 5 años) y a largo plazo (más de 5 años). Al cabo de este tiempo se le paga al inversionista el valor del bono más los intereses⁷.

⁸ BIBLIOTECA VIRTUAL DEL BANCO DE LA REPÚBLICA. Bonos: Ayuda de tareas sobre economía [en línea]. [Bogotá, Colombia]: Biblioteca Virtual, 2005. Disponible en: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/econo92.htm>

⁷ ASKENAZY, Claudio. Mercado de capitales [en línea]. [Buenos Aires, Argentina]: Universidad del Salvador. Disponible en: <http://www.salvador.edu.ar/ua1-4-tpmc00-bo.htm>

- Tasa de interés: El emisor define la tasa sobre el valor a la par del bono, esta puede ser fija o variable unida a un índice (DTF, LIBOR, inflación, etc.) y ser pagada al vencimiento o anticipadamente.
- Cupón: Pagos periódicos de intereses que realiza el emisor al inversor.
- Capacidad crediticia: Probabilidad de pago de la empresa emisora del bono.
- Riesgo: Un elemento importante para el inversionista al tomar una decisión, es la calificación del título, ya que le permite involucrar el factor riesgo y compararlo con otras alternativas.

En el mercado de valores se pueden encontrar diferentes clases de bonos, algunos de ellos son:

- Bono canjeable: Son aquellos que pueden ser canjeados por acciones ya existentes sin provocar algún cambio en el contrato.
- Bono convertible: Concede a su poseedor la opción de cambiarlos por acciones de nueva emisión a un precio fijado anteriormente.
- Bono del estado: Títulos del Tesoro público.
- Bono basura: Aquellos que poseen alto riesgo y baja calificación pero de contrapartida da un rendimiento muy alto.
- Bonos rescatables: El emisor puede solicitar la recompra del bono en una fecha y a un precio determinado.

- Bonos con opción de venta: Dan al inversor la oportunidad de venderlo en una fecha determinada y a un precio establecido.

Para evaluar el precio de un bono, siendo este el valor actual o presente de los futuros flujos esperados de dicho instrumento a una determinada tasa, se requieren dos elementos:

- Estimar el flujo de fondos esperados, es decir, es el flujo de interés y la devolución del capital.
- Estimar la tasa de descuento apropiada, esto es, las tasas de rendimiento ofrecidas por bonos “comparables”⁹.

El inversionista al adquirir un instrumento de deuda, es este caso un bono, se enfrenta a dos riesgos básicos: fluctuación del precio, cuando el tenedor no está dispuesto a mantener el título hasta el vencimiento y el riesgo de crédito, es decir, el emisor no paga la obligación contraída al vencimiento.

⁹ Bonos de igual calidad crediticia e igual plazo promedio.

Tabla 4. Criterios de calificación de títulos de largo plazo

GRADO	ESCALAS	DUFF & PHELPS S.A.	BRC INVESTOR SERVICES S.A.	ESCALAS	MOODY'S
De inversión	AAA	Emisiones con la más alta calidad crediticia. Los factores de riesgo son prácticamente inexistentes.	Indica que la capacidad de repagar oportunamente es alta. Es la más alta calificación en grados de inversión.	Aaa	Los pagos del interés son cubiertos sin inestabilidad y el cobro del principal es seguro, así los elementos de protección cambien, la solidez de estas emisión no se espera que se alteren.
	AA+	Emisiones con muy alta calidad crediticia. El riesgo es modesto, pero puede variar ligeramente por las condiciones económicas.	Indica una capacidad de repagar oportunamente capital e intereses, un riesgo incremental limitado.	Aa	Los elementos de protección son menos amplios y pueden ser mayor o existir otros elementos que hagan percibir que el riesgo a largo plazo sea superior a los calificados AAA.
	AA				
	AA -				
	A+	En períodos de bajas en la actividad económica los riesgos son mayores y más variables.	Es la tercera mejor calificación en grados de inversión. Emisiones más vulnerables a acontecimientos adversos.	A	Los factores que dan seguridad al cobro del capital son adecuados, pero puede haber elementos que sugieran un posible deterioro en el futuro.
	A				
	A -				
	BBB+	Los factores de protección son inferiores al promedio; no obstante, se consideran suficientes para una inversión prudente.	La categoría más baja de grado de inversión; indica una capacidad aceptable de repagar capital e intereses.	Baa	Son de calidad media, no son muy protegidos ni respaldados, algunos elementos de protección pueden no existir o ser pocos fiables y tienen características especulativas.
	BBB				
BBB -					
Especulativo	BB+	Es probable que puedan cumplir sus obligaciones. La calidad de estas emisiones puede variar con frecuencia.	Aunque no representa un grado de inversión, sugiere que la probabilidad de incumplimiento es menor.	Ba	Tienen elementos especulativos, su futuro no es seguro y se caracterizan por su situación de incertidumbre.
	BB				
	BB -				

	B+	Emisiones situadas por debajo del grado de inversión. Existe el riesgo de que no puedan cumplir sus obligaciones.	Indican un nivel más alto de incertidumbre y por lo tanto mayor probabilidad de incumplimiento.		El pago del principal, los interés u otros pagos contractuales pueden ser limitada a largo plazo.
	B			B	
	B -				
	CCC	Se caracterizan por tener un alto riesgo en su pago oportuno.	Clara probabilidad de incumplimiento, con poca capacidad para afrontar cambios en la situación financiera.	Caa	Pueden haber incumplido en los pagos o pueden contener elementos de peligro con respecto al pago de capital e interés.
	CC		Emisiones que son subordinadas de obligaciones CCC y que por lo tanto contarían con menos protección.	Ca	Obligaciones muy especulativas, pueden haber incumplido los pagos o tener otras deficiencia altamente visible.
	C			C	Los títulos con esta calificación pertenecen a la categoría más baja de títulos calificados, y la posibilidad de que estas emisiones alcancen alguna vez valor de inversión es remota.
	DD	Las emisiones de esta categoría se encuentran en incumplimiento de algún pago u obligación.			
	D		Emisiones en incumplimiento.		
	EE	Información insuficiente para calificar.			
E		Información insuficiente para calificar.			

Fuente: Superintendencia financiera. Sociedad calificador de valores.

4. ALTERNATIVAS DE TRANSFERENCIA DE RIESGO

4.1 REASEGURO

El reaseguro se puede definir como el seguro de las aseguradoras. En el contrato de reaseguro la compañía cedente o aseguradora y el reasegurador o aceptante, acuerdan transferir total o parcial del coste de un posible desastre natural¹⁰. Existen varios tipos de reaseguros que se pueden pactar según las necesidades del reasegurado y del riesgo o riesgos implícitos.

4.1.1 Según el tipo de contrato

- **Reaseguro automático.** La aseguradora transfiere el riesgo al reasegurador, el cual está obligado a aceptarlo hasta un límite fijado con anterioridad en común acuerdo. Éste tipo de contrato le ofrece al reasegurado la libertad de suscribir negocios, tarifas y ajuste de los desastres; a la compañía reaseguradora le permite conseguir un volumen importante de negocios.
- **Reaseguro facultativo.** Normalmente se usa cuando la suma de los riesgos asegurados es muy elevada; por lo cual cada riesgo es tratado individualmente. El reasegurador tiene la posibilidad de aceptar o rechazar la oferta según lo desee. Esta clase de reaseguro le permite a la compañía limitar sus riesgos, pero debe asumir algunos que pueden presentar pérdidas superiores a las normales.

¹⁰ UNESPA. ¿Qué es el reaseguro? [en línea]. [Madrid, España]: UESPA: Asociación empresarial del seguro. Disponible en: <http://www.unespa.es/frontend/unespa/Que-Es-El-Reaseguro-vn2779-vst226>

- **Reaseguro facultativo-obligatorio.** El reasegurador está en la obligación de aceptar todo lo que le sea cedido dentro de los límites establecidos, mientras que la compañía cedente tiene libertad de decidir que negocios desea reasegurar y no tiene la obligación de transferir el riesgo.
- **Reaseguro Obligatorio-facultativo.** El reasegurado tiene la obligación de ceder ciertos riesgos y la reaseguradora decide si los acepta o no.

4.1.2 Según el riesgo implícito

- **Reaseguro proporcional.** Contrato en el cual las primas y los siniestros se reparten en una proporción establecida. Dentro de estos contratos se encuentra el Cuota Parte donde la proporcionalidad es idéntica para todos los riesgos y el de Excedente donde la proporción varía de un riesgo a otro¹¹.
- **Reaseguro no proporcional.** El reasegurado y el reasegurador no tienen una forma de repartición ni de las primas, ni de los siniestros. Este tipo de cobertura depende de la pérdida en la que se incurra, la cual será asumida por el reasegurado, mientras que el reasegurador solo tendrá que pagar el exceso de este monto hasta el límite convenido, el cual se ha precisado con anterioridad.

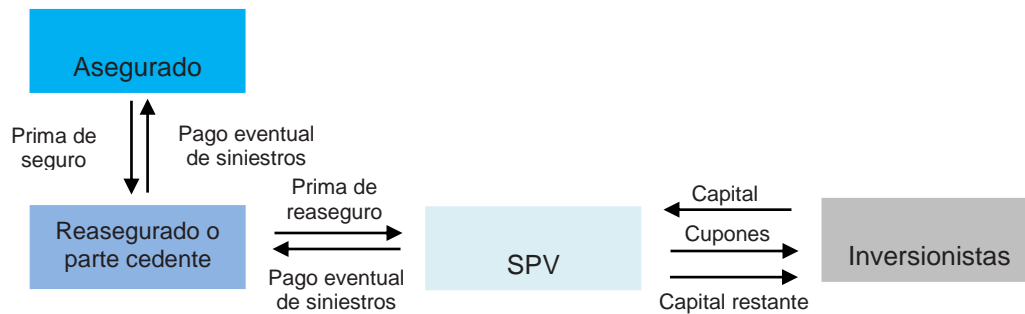
4.2 BONOS CATASTRÓFICOS

Los Bonos Catastróficos son instrumentos para la administración de riesgos naturales, los cuales protegen al emisor transfiriendo el riesgo al inversionista. Su

¹¹ LOPEZ CABRERA, Brenda. Valuación de bonos catastróficos para terremotos en México. México, 2003, 5p. Trabajo de grado.

emisión, realizada a través de un mecanismo “ad hoc”¹², está a cargo de compañías de seguro y de reaseguro, como medida de protección adicional al reaseguro tradicional. Igualmente algunos gobiernos los emiten cuando lo consideran necesario.

Figura 4. Estructura básica de un bono catastrófico.



Fuente: Swiss Re capital markets.

Cuando alguien desea protegerse contra las posibles pérdidas producidas por un desastre natural, visita una organización de seguros, la cual evalúa el riesgo y emite una póliza por el valor correspondiente; al mismo tiempo se realiza un contrato de reaseguro con una Special Purpose Vehicle¹³, dicho contrato cubre las pérdidas resultantes en el siniestro contractual; con el fin de llevar a cabo esta operación de cobertura la SPV estructura un bono que es llevado al mercado de valores, la mayoría de los ingresos obtenidos se ubican en títulos valores líquidos y de bajo riesgo; la SPV también puede realizar una operación Swap que

¹² Creado específicamente para esa operación de reaseguro concreta.

¹³ SPV. Sociedad instrumental que asume riesgos de empresas de seguros o de reaseguros y que financia su exposición a dichos riesgos a través de una emisión de deuda.

convierta los rendimientos variables en ingresos fijos para el pago de los cupones.¹⁴

En caso de catástrofe, la SPV podrá indemnizar a la compañía reaseguradora, con el principal que se obtuvo en la colocación; en caso contrario, los inversionistas reciben sus intereses periódicamente y el principal al vencimiento. Si ocurre el siniestro, dependiendo de la estructura del bono y del contrato de reaseguro, se pueden perder los intereses y el principal de la inversión o parte de ellos. Con el fin de compensar al inversionista por el riesgo que asume, los bonos sobre catástrofe pagan altas rentabilidades y le brindan la oportunidad de reducir el riesgo de su portafolio a través de la diversificación, pues el riesgo de pérdida de los bonos catastróficos no está correlacionado con el riesgo de pérdida del mercado de capitales.

El momento a partir del cual se indemniza a la cedente se especifica en el contrato de reaseguro y puede basarse en:¹⁵

- Los reclamos de la compañía reaseguradora por las pérdidas reales en las que incurrió, de manera similar al reaseguro tradicional la cobertura es casi perfecta. Sin embargo, el inversionista se encuentra expuesto al “riesgo moral”¹⁶, pues frecuentemente la cedente retiene información sobre la

¹⁴ ANDERSEN, Torben Juul. Utilización de técnicas de financiamiento del riesgo para gestionar las exposiciones económicas de amenazas naturales. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo, 2007.

¹⁵ SIGMA. Los bonos catastróficos aumentan la asegurabilidad de las catástrofes naturales. En: Catástrofes de la naturaleza y catástrofes antropógenas en 2003: numerosas víctimas mortales, daños asegurados relativamente moderados. No 1(2004); p. 14-16.

¹⁶ Se refiere a un incremento de la probabilidad de la pérdida por el comportamiento no preventivo y responsable del tomador de un contrato de transferencia de riesgos.

exposición y liquidación de los siniestros, por lo cual no existe garantía de que se mitigarán las pérdidas una vez los bonos sean colocados.

- Otra opción es ligar las pérdidas de los inversionistas y el pago del contrato de reaseguro, a un índice de pérdidas del mercado. La reaseguradora recibe una compensación monetaria si hay relación entre su siniestro y el del mercado, es decir, si la siniestralidad del sector es muy importante se recobra¹⁷ a los inversionistas, aunque la cedente no se vea afectada; sin embargo, cuando las pérdidas del reasegurado y las del mercado difieren, este debe asumir el “riesgo de base”¹⁸. Entre los principales índices¹⁹ están el Property Claims Services Index -PCSI-, el Guy Carpenter Cat Index -GCCl- y el Risk Management Solutions Index -RMSI-.
- Finalmente están los bonos basados en un índice de severidad de desastres, donde la indemnización de la cedente depende de los parámetros medidos en el evento. Por ejemplo, si hubiera un terremoto en Japón con una magnitud de al menos 7,1 en la escala de la Japan Meteorological Agency, entonces se financian las pérdidas, de lo contrario no.

De acuerdo con el riesgo que se transfiere al inversionista los bonos catastróficos se clasifican en bonos al riesgo, y bonos con protección total o parcial del principal. En los primeros, el pago de los intereses y del principal se encuentra ligado completamente al contrato de reaseguro; por eso es necesario que el inversionista analice el riesgo en el contrato, ya que puede perder parcial o

¹⁷ Acción y efecto de recuperar de un tercero, la suma satisfecha como consecuencia de un siniestro.

¹⁸ Riesgo de que la cobertura utilizada para cubrir una posición de contado no cubra exactamente los movimientos adversos de la posición.

¹⁹ Índice de la industria de los seguros que refleja la cantidad de recursos que las empresas aseguradoras han tenido que desembolsar como consecuencia del cubrimiento de sus pólizas.

totalmente su capital. El segundo tipo de bonos, tiene como objetivo crear un híbrido con menor exposición al riesgo catastrófico y que obtenga una mejor calificación por parte de las agencias. Por ejemplo, un bono catastrófico Class A-1 Notes de la reaseguradora Residential Re, en donde se creó un producto estructurado, con el fin de asegurar totalmente la devolución del principal, exponiendo únicamente los intereses.

A continuación se presenta el caso “USAA Hurricane Bonds”, por medio del cual se pretende ilustrar la colocación de bonos catastróficos en el mercado financiero.

20

Cedente: United Services Automobile Association -USAA-.

Emisor: Residential Re, compañía reaseguradora que tiene como propósito convertirse en el SPV de la operación.

Inversor: compañías aseguradoras de vida, fondos de pensiones, fondos mutuos y reaseguradoras.

Rendimiento anual: Bono clase A-1 = LIBOR + 273 puntos básicos

Bono clase A-2 = LIBOR + 576 puntos básicos

Reaseguro XL²¹: Residential Re cubre el 80% de \$500 millones de dólares si las pérdidas son superiores a \$1.000 millones.

²⁰ FINANCIAL SERVICES AUTHORITY. Cross-sector risk transfers. Londres: Mayo, 2002.

²¹ Cobertura de los contratos no proporcionales en caso de la acumulación o agregación de pérdidas derivadas de un acontecimiento catastrófico.

Riesgo cubierto: Huracán de categoría 3, 4 o 5 en la escala Saffir-Simpson²², que tenga lugar durante el periodo reasegurado, en 20 estados de la costa este de los EE.UU., con pérdidas superiores a los \$1.000 millones de dólares.

Tipo de cobertura: Contrato limitado a un solo evento.

Bonos: Clase A-1: \$164 millones de dólares

Clase A-2: \$313 millones de dólares

Clasificación: Clase A-1: AAA por Duff & Phelps, Moody's, y Standard & Poor's

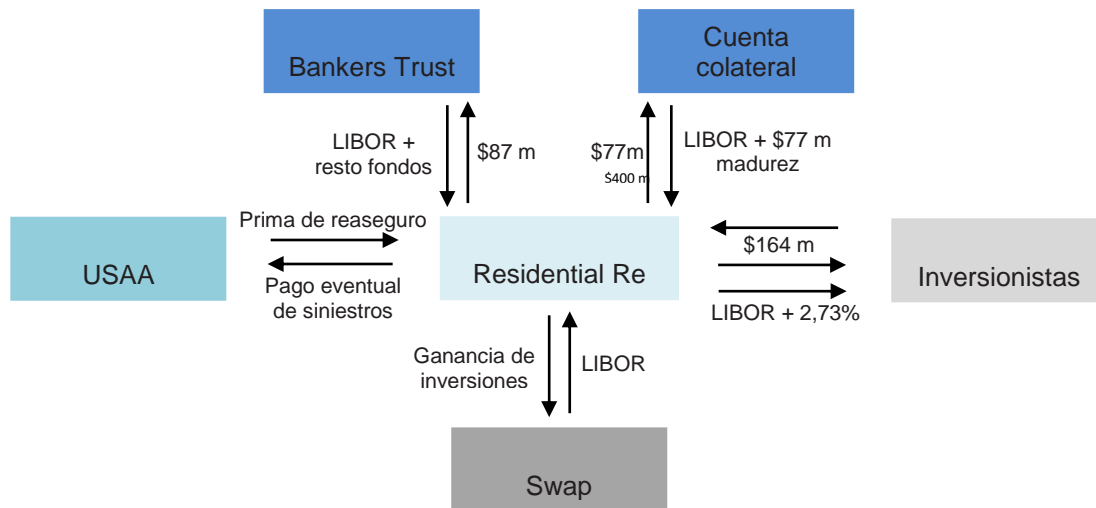
Clase A-2: BB por Standard & Poor's

De los \$164 millones de dólares recaudados en la emisión del bono Clase A-1, \$87 millones fueron invertidos en un papel comercial de Bankers Trust y los \$77 millones restantes fueron depositados en una cuenta colateral. Con las ganancias de dichas cuentas se realizó una operación Swap, que tenía como finalidad obtener ingresos fijos para el pago de los cupones.

En caso de presentarse el siniestro descrito en el contrato, los fondos de las cuentas se habrían usado para comprar bonos del tesoro americano, con madurez de 10 años y por un valor de \$164 millones de dólares. El acuerdo que aseguró la compra de los bonos y garantizó a los inversionistas la devolución de su capital a la maduración del bono en 2008, fue una opción sobre un forward. Sin embargo, como no ocurrió el evento reasegurado, el principal se reintegró a la madurez del bono Clase A-1.

²² Escala que clasifica los huracanes según la intensidad del viento.

Figura 5. Estructura del bono Clase A-1

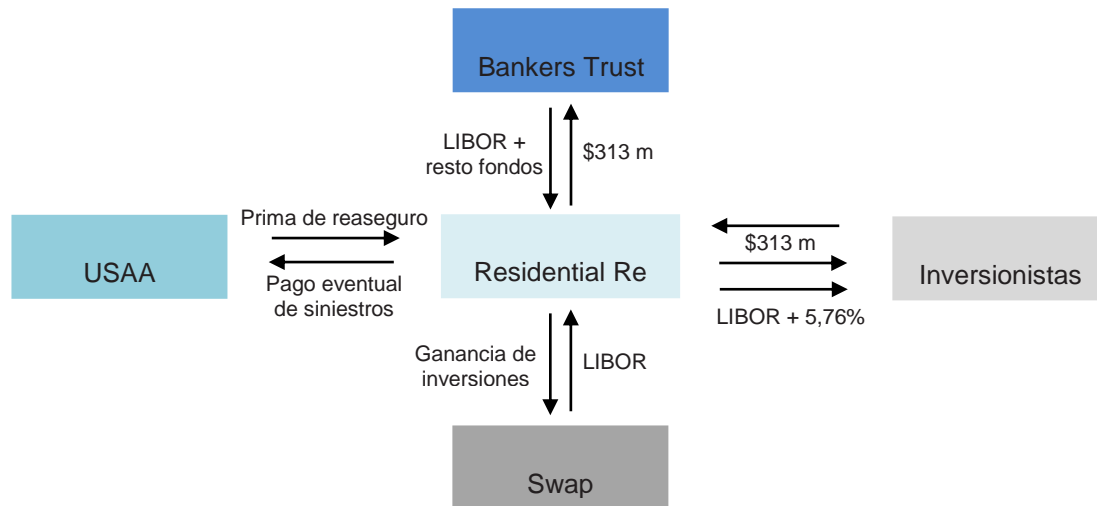


Fuente: Autoras del proyecto.

Los \$313 millones de dólares obtenidos en la emisión del bono Clase A-2, fueron invertidos en un papel comercial de Bankers Trust; al mismo tiempo se realizó una operación Swap, en donde se intercambiaban las ganancias del papel comercial por un interés LIBOR, con el fin de obtener parte de los intereses de los inversionistas.

En caso de ocurrencia del evento asegurado, los inversionistas habrían podido perder tanto los intereses como el capital, pues los pagos se hubieran hecho proporcionalmente al siniestro pagado a USAA. Sin embargo, al no ocurrir, el principal se reintegro a la madurez del bono Clase A-2.

Figura 6. Estructura del bono Clase A-2



Fuente: Autoras del proyecto.

4.3 DIFERENCIAS ENTRE BONOS CATASTRÓFICOS Y REASEGURO²³

No cabe duda que estos instrumentos de transferencia de riesgo, usados por las compañías aseguradoras como una forma de obtener cobertura complementaria en el mercado de renta fija, han mostrado significativas ventajas para sus inversionistas y emisores en los últimos años.

Generalmente la cobertura que buscan las compañías aseguradoras no está disponible, ya que las reaseguradoras limitan su exposición a un solo riesgo. Por lo tanto, la titulación puede tener costos de transacción inferiores o equivalentes a los del reaseguro tradicional y ofrece al asegurador la posibilidad de diseñar la estructura del bono catastrófico, para que haga frente a sus necesidades específicas.

²³ SIGMA. Soluciones de seguro del mercado de capitales. En: El mercado de capitales: fuente de innovación para el sector asegurador. No 3 (2001); p. 12-15.

En los bonos catastróficos la posibilidad de que el reasegurador no pague a la aseguradora no existe, ya que el dinero para cubrir las pérdidas del siniestro fue entregado por los inversionistas al comprar el bono; mientras que con el reaseguro tradicional, existe la posibilidad de que las aseguradoras no paguen si las reclamaciones superan los recursos de la compañía.

El riesgo moral proviene de situaciones en las que el cliente retiene información sobre la exposición y liquidación de los siniestros, y ocurre cuando este no adquiere un comportamiento preventivo una vez se ha firmado el contrato de transferencia de riesgos. A diferencia del reaseguro tradicional, los Bonos Catastróficos reducen el riesgo moral pues los pagos se realizan a partir de cierto valor en el índice negociado.

Desde el punto de vista de los inversionistas, los bonos CAT ofrecen rentabilidades superiores a las ofrecidas por bonos con riesgos similares y les proporcionan la oportunidad de reducir la volatilidad de sus carteras a través de la diversificación, pues estos títulos no están correlacionados con los movimientos del mercado financiero.

Aunque las ventajas de la protección con Bonos Catastróficos son indudables, sus compradores deben asumir un riesgo de base²⁴ mayor que los compradores de reaseguro tradicional, debido a que los inversionistas prefieren triggers²⁵ basados en índices que no puedan ser controlados ni manipulados.

El beneficio sobre el apalancamiento financiero del asegurador es mayor con el reaseguro tradicional que con los Bonos CAT, porque cuando se emiten bonos

²⁴ Se refiere a la posibilidad de pérdida como resultado de una imperfecta correspondencia entre el valor de las pérdidas probables y el pago compensatorio previsto.

²⁵ Valor a partir del cual se indemniza a la compañía cedente.

catastróficos el asegurador no paga primas de reaseguro y por tanto no deduce esas primas de las primas suscritas.

5. TEORÍAS DE CÁLCULO DE LOS BONOS CATASTRÓFICOS

5.1 MODELO DE REGRESIÓN LINEAL

El modelo de regresión lineal es necesario para el cálculo de los Bonos Catastróficos, pues permite modelar la severidad con que se presentan los desastres naturales.

Es un método matemático que modela la relación entre una variable dependiente Y y las variables independientes X_i . Ese modelo puede ser expresado como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

Donde:

β = la pendiente de la línea de regresión.

P = el número de parámetros independientes a tener en cuenta en el modelo.

E = termino de error aleatorio, el cual se supone que tiene media 0 y varianza constante σ^2 .

Para medir la bondad de ajuste del modelo se utiliza el coeficiente de determinación R^2 , es decir, el porcentaje de la variación total en la variable dependiente Y que es explicada se debe a la variación en la variable independiente X . El coeficiente de determinación toma valores entre 0 y 1. El R^2 se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$R^2 = \frac{\sum y_i^2}{\sum y_i^2}$$

En ciertas ocasiones, la dependencia entre Y y X es de tipo exponencial, en cuyo caso interesa ajustarla de la siguiente manera:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

Es importante tener en cuenta que la “linealización” cambia la influencia de los datos en el modelo, así como la estructura del error y la interpretación e inferencia de los resultados.

5.2 CRITERIO DE INFORMACIÓN BAYESIANO

El Criterio de Información Bayesiano (BIC) es un estadístico para la identificación de variables que sean significativas para explicar la variabilidad en los periodos de ocurrencia de los sismos. El BIC se puede hallar de la siguiente forma:

$$\text{BIC} = n^{p/n} * \frac{n-p}{n} * s^2$$

Donde:

n = número de observaciones.

p = número de parámetros estimados.

s = error típico.

5.3 PROCESO DE POISSON HOMOGÉNEO

Al igual que el modelo de regresión lineal, el proceso de Poisson Homogéneo es necesario para el cálculo de los Bonos Catastróficos, ya que permite el cálculo de la frecuencia con que se presentan los eventos.

Considerando los Bonos Catastróficos como Bonos Umbral, la frecuencia estocástica para el proceso de Poisson es:

$$\lambda = \frac{m_s}{N(t)}$$

Donde:

$N(t)$ = tiempo total (T) en el que ocurre una serie de eventos.

m_s = es la cantidad de eventos naturales, por encima del umbral, ocurridos en una región específica y en instantes aleatorios de tiempo. Los instantes de tiempo se denotan como:

$$0 \leq t_1 \leq \dots \leq T$$

5.4 VARIABLES

Diversas variables influyen en el cálculo de las pérdidas económicas ocasionadas por un sismo. Sin embargo, la magnitud y la profundidad son consideradas las más significativas. Por otro lado, el nivel crítico y la velocidad del agua son consideradas las variables de mayor impacto en una inundación; por eso son necesarias para el cálculo de los Bonos Catastróficos.

5.5 VALORACIÓN DE LOS BONOS CATASTRÓFICOS

5.5.1 Cálculo actuarial del precio del bono²⁶. Para valorar este activo financiero se puede emplear un enfoque actuarial, en el que se supone que los agentes involucrados están en igualdad de condiciones frente al futuro comportamiento del activo negociado, pues en promedio el valor presente de los beneficios del inversionista es igual al valor presente de las pérdidas del emisor del bono.

En caso de ocurrir el siniestro antes del vencimiento del bono, el valor futuro del beneficio a pagar al inversionista B_T , está dado por:

$$B_T = (1 - \gamma_E)N_0e^{\delta_{E0}T + \delta_{E1}S}$$

Donde:

S = tiempo después del siniestro en el cual el inversionista recibirá su beneficio.

$(1 - \gamma_E)$ = porcentaje del valor nominal del bono (N_0).

δ_{E0} = interés que se paga al inversionista antes de la catástrofe.

δ_{E1} = interés después de la catástrofe.

En caso de no ocurrir el siniestro, antes del tiempo ejercicio del bono, el beneficio a pagar B_{NE} es:

$$B_{NE} = N_0e^{\delta_{NE}R}$$

Donde:

N_0 = valor nominal del bono.

²⁶ CARDONA, Omar D. Diagnóstico de la gestión financiera del riesgo y propuesta de instrumentos financieros factibles de retención y transferencia. Bogotá, Colombia: Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina -PREDECAN-, Diciembre de 2007.

δ_{NE} = interés a pagar al final de la vigencia del bono.

En las siguientes situaciones se considera el cálculo actuarial del precio de emisión de los Bonos Catastróficos:

- **Período de diferimiento con duración fija.** El valor presente de los beneficios del emisor del bono en caso de que ocurra el desastre durante el periodo de ejercicio del bono, o el beneficio del inversionista en caso de que no ocurra el desastre dentro de la vigencia del bono, está definido de la siguiente manera:

$$V_0 = \begin{cases} P_0 - B_T e^{-\delta_c(T+S)} & \text{Si } T \leq R \\ P_0 - B_{NE} e^{-\delta_c R} & \text{Si } T > R \end{cases}$$

Donde:

P_0 = precio de emisión del bono.

δ_c = tasa libre de riesgo.

T = momento de ocurrencia del desastre.

S = tiempo después del siniestro en el cual el inversionista recibirá su beneficio.

R = vigencia del bono.

La cantidad de dinero disponible para el emisor en el momento de ocurrir el evento D_T , está dada por:

$$D_T = P_0 e^{\delta_c T} - B_T e^{-\delta_c S}$$

$$V_0 = \begin{cases} D_T e^{-\delta_c T} & \text{Si } T \leq R \\ P_0 - B_{NE} e^{-\delta_c R} & \text{Si } T > R \end{cases}$$

Ecuación de equilibrio que garantiza condiciones de igualdad tanto para el inversionista como para el emisor y permite obtener el precio de emisión (P_0) y las tasas de interés, tiene la siguiente forma:

$$E(V_0) = 0$$

Para el cálculo se supone que la variable aleatoria del tiempo de espera para la ocurrencia del evento catastrófico, T , tiene la siguiente función de densidad:

$$f_{TU}(t) = \lambda(T_U + t) e^{-\int_{T_U}^{T_U+t} \lambda(v) dv} \quad \text{para } t > 0$$

Donde:

$T_U > 0$ = tiempo que ha transcurrido desde el último evento catastrófico.

$\lambda(\cdot)$ = función de riesgo de ocurrencia del siniestro.

Si $\lambda(T_U + t) = \lambda$, entonces $f_{TU}(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ es una función de densidad exponencial y corresponde a un proceso de Poisson sin memoria.

$$E(V_0) = \int_0^R D_t e^{-\delta_C t} f_{TU}(t) dt + \int_R (P_0 - B_{NE} e^{-\delta_C R}) f_{TU}(t) dt$$

Que es equivalente a:

$$E(V_0) = \int_0^R (P_0 - (1 - \gamma_E) N_0 e^{\delta_{E0} t} e^{\delta_{E1} S} e^{-\delta_C(t+S)}) f_{TU}(t) dt + \int_R (P_0 - B_{NE} e^{-\delta_C R}) f_{TU}(t) dt$$

Resolviendo para $P_0 = P(\lambda(T_U + t), R, S, N_0, \gamma_E, \delta_{E0}, \delta_{E1}, \delta_{NE}, \delta_C)$:

$$P_0 = (1 - \gamma_E) N_0 e^{-(\delta_C - \delta_{E1}) S} \int_0^R e^{-(\delta_C - \delta_{E0}) t} f_{TU}(t) dt + N_0 e^{-(\delta_C - \delta_{NE}) R} - \int_{T_U}^{T_U+t} \lambda(v) dv$$

• **Período de diferimiento con duración aleatoria.** Al igual que en el caso anterior, la variable aleatoria V_0 está definida como:

$$V_0 = \begin{cases} P_0 - B_T e^{-\delta_C R} & \text{Si } T \leq R \\ P_0 - B_{NE} e^{-\delta_C R} & \text{Si } T > R \end{cases}$$

El disponible para el emisor es de:

$$D_T = P_0 e^{\delta_C T} - B_T e^{-\delta_C (R-T)}$$

$$V_0 = \begin{cases} D_T e^{-\delta_C T} & \text{Si } T \leq R \\ P_0 - B_{NE} e^{-\delta_C R} & \text{Si } T > R \end{cases}$$

El beneficio para el inversionista si no ocurre la catástrofe dentro de la vigencia del bono, se define de la siguiente forma:

$$B_T = (1 - \gamma_E) N_0 e^{\delta_{E0} T + \delta_{E1} (R-T)}$$

Resolviendo la ecuación $E(V_0) = 0$ se obtiene el precio de emisión (P_0).

$$P_0 = (1 - \gamma_E) N_0 e^{-(\delta_C - \delta_{E1})R} \int_0^R e^{-(\delta_{E1} - \delta_{E0})t} f_{TU}(t) dt + N_0 e^{-(\delta_C - \delta_{NE})R} - \int_{T_u}^{\infty} \lambda(v) dv$$

Considerando que $\lambda(v) = \lambda$

5.5.2 Reaseguro de catástrofes por medio de bonos de alto rendimiento ²⁷

En el contrato de reaseguro se acuerda pagar una cantidad fija L , al final del periodo, si el evento reasegurado ocurre o no pagar nada si dicho siniestro no sucede.

²⁷ COX, Samuel y PEDERSEN Hal. Catastrophe risk bonds. Atlanta, GA: Georgia State University, Octubre de 1997.

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

Donde:

q_{cat} = probabilidad de que ocurra el evento catastrófico se le denota.

P = precio del reaseguro.

r = tipo de interés del periodo.

El reasegurador debe convencer a los inversionistas de que tiene un capital seguro de al menos la cantidad L. Para obtener capital antes de vender el reaseguro, el reasegurador presta dinero a través de la emisión bonos default, y emite tantos bonos como sea necesario para alcanzar la cuantía C.

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

De este modo, los clientes quedan satisfechos pues ven como el reasegurador puede cubrir las posibles pérdidas producidas por la catástrofe reasegurada. Los inversionistas saben que en caso de ocurrir el siniestro perderían total o parcialmente el capital invertido, pero si por el contrario no se produce la catástrofe, entonces recuperarían su inversión más un cupón. Entonces el precio del bono estará determinado por:

$$P = \frac{1}{1+r} (1+c) (1-q_b)$$

Donde:

c = R/C = la tasa cupón.

q_b = valoración que hacen los inversionistas de la probabilidad de perder la inversión inicial.

Suponiendo que el mercado es libre de arbitraje, que la probabilidad del riesgo neutral es Q y que el momento en que ocurra la catástrofe es independiente, entonces se puede decir que el precio en el momento 0 de los flujos de caja determinados por el bono CAT se expresa:

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

Al despejar se obtiene que la tasa cupón es:

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

5.5.3 Contratos de futuros en Bonos Catastróficos. Un contrato de futuros es un acuerdo entre dos partes para realizar un intercambio sobre un determinado número de bienes o valores, en una fecha futura y con un precio predeterminado.

En el caso de los Bonos Catastróficos, definir el activo subyacente es el principal problema, por lo que se creó la pérdida sobre prima, definiendo así el subyacente. El valor establecido para el futuro es:

$$V(T) = \text{Valor nominal} * [\min(Sp(T) / Pp(T), 2)]$$

Donde:

T = fecha de vencimiento.

$Sp(T)$ = diferencia entre las pérdidas actuales y las pronosticadas.

$Pp(T)$ = primas que cubren las pérdidas en el periodo $[0, t]$.

Durante la vida del bono, los inversionistas realizan reclamaciones, el total de estas (S_t) deben tenerse en cuenta para el cálculo del precio del bono y la tasa que se le ha de pagar al inversionista. Entonces:

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

Donde:

X_i = reclamación ocurrida en el tiempo t .

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

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

Donde:

r = tasa libre de riesgo.

F_t = información del evento disponible al tiempo t .

6. ESTIMACIÓN DEL BONO CATASTRÓFICO EN COLOMBIA

6.1 REGRESIÓN LINEAL

Para el análisis realizado, y teniendo en cuenta la falta de información de daños materiales y humanos causados por los sismos en Colombia, se procedió a preparar la información de la base de datos de la siguiente forma:

- La recopilación se basó en los registros con magnitud superior a cinco grados Richter del catálogo de sismicidad instrumental de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC).
- Para la obtención de datos se recurrió a diversas fuentes existentes sobre desastres como: DesInventar Colombia de LA RED, EM-DAT database de la universidad de Louvain, National Geophysical Data Center, reportes de emergencias de la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres, y diferentes periódicos de circulación nacional.
- Se estimaron los daños de reparación y reconstrucción de los registros con viviendas destruidas o afectadas, tratando de ser lo más conservador posible, y con la asesoría de un arquitecto de la ciudad, quien sugirió darle un costo de \$30'000.000 a las viviendas destruidas y \$3'000.000 a las viviendas afectadas.
- Tanto los daños como las muertes se ajustaron al año 2005. Para el ajuste de las muertes, se investigó la tasa anual de crecimiento para cada

departamento²⁸ y luego se aplicó el factor de ajuste a cada una de las poblaciones anuales para ponerlos en términos del año 2005.

Para el ajuste de los daños, se investigo la paridad promedio COP contra USD y la inflación americana del periodo comprendido entre 1993 - 2007²⁹ y luego a los daños en pesos se les aplico el tipo de cambio de ese año y la inflación para ponerlos en dólares de 2005.

- Finalmente se eliminaron los registros que no tenían datos sobre número de muertes o daños materiales, con lo cual se obtuvo una base de datos final de 28 registros. Ver anexo 1.

Las variables usadas en el análisis fueron aquellas que estaban ligadas con las pérdidas económicas y humanas. Por consiguiente la regresión lineal se llevo a cabo utilizando los daños como variable dependiente y la magnitud, profundidad, latitud, longitud y muertes como variables independientes.

A las diferentes combinaciones propuestas se les aplico el análisis de regresión proporcionado por Excel, con el fin de obtener una comparación de las estadísticas de regresión, los análisis de varianza, y los análisis de los residuales.

Los criterios para la elección del modelo fueron el coeficiente de determinación R^2 y el BIC. En el modelo 9 que tiene como variable dependiente Daños y como variables independientes Muertes, Magnitud, Profundidad y M*P, se encontró el coeficiente de determinación más alto que fue de 0,8791. Ver anexo 2.

²⁸ DANE. Conciliación censal 1985 – 2005. Colombia, Mayo de 2007, p. 25 -235.

²⁹ BUREAU OF LABOR STATISTICS. The Costumer Price Index for urban wage earners and clerical workers [en línea]. [Washington, D.C.]: Social security administration, 2008. Disponible en: <http://www.ssa.gov/OACT/STATS/cpiw.html>

Después se calculo el BIC y se escogieron los modelos con menor resultado. Teniendo en cuenta el anexo 2 se puede decir que los mejores modelos fueron: 1, 6, 7, 8 y 9.

- **Modelo 1 con un BIC = 9,4712E+03 y $R^2 = 0,8733$**

Daños = 1,2027 Muertes + 14,3342

- **Modelo 6 con un BIC = 6,3224E+03 y $R^2 = 0,8758$**

Daños = 787,5617 Muertes -15.650,8337 Magnitud + 83.182,616

- **Modelo 7 con un BIC = 6,4303E+03 y $R^2 = 0,8737$**

Daños = 0,7293 Muertes + 0,0566 Profundidad - 8,1815

- **Modelo 8 con un BIC = 7,0876E+03 y $R^2 = 0,8766$**

Daños = 0,7419 Muertes - 19,0451 Magnitud + 0,0810 Profundidad - 96,9823

- **Modelo 9 con un BIC = 7,8384E+03 y $R^2 = 0,8791$**

Daños = 0,7521 Muertes - 35,3662 Magnitud - 1,2414 Profundidad + 0.2336

M*P - 187.6922

6.2 PROCESO POISSON HOMOGENEO

Siendo el valor del bono, el valor de los daños esperados que ocasiona un sismo, es necesario saber este con qué frecuencia (λ) ocurre.

$$\lambda = \frac{\text{número de sismos que están por encima del umbral}}{100 \text{ años de sismicidad}}$$

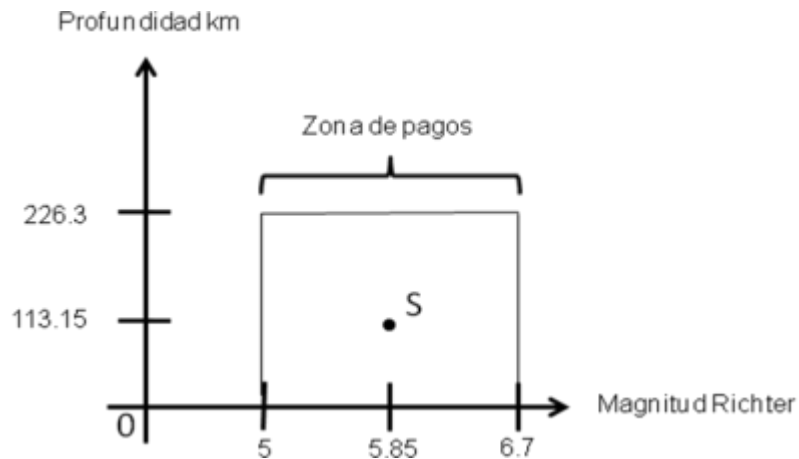
Los años de sismicidad dependen de la actividad sísmica en la zona o en el país, los sismos en Colombia tienen un rango de 100 años, esto lleva a pensar que la probabilidad de ocurrencia de un evento dentro de la zona de pago del bono (umbral), es uniforme debido a la distancia del rango de sismicidad.

El cálculo de la zona de pagos se realizó con los registros más significativos en el territorio nacional desde 1993, es decir, magnitudes entre 5 y 6,5 grados Richter y profundidades entre 0 y 113,15 Km.

$$\text{Magnitud promedio} = \frac{5 + 6,7}{2} = 5,85$$

$$\text{Profundidad promedio} = \frac{0 + 113,15}{2} = 113,15$$

Figura 7. Zona de pagos



Fuente: Autoras del proyecto.

Con esto, la tasa de ocurrencia (λ) = $\frac{3}{100} = 0.3$

Esto quiere decir que en un periodo de 100 años, ocurren aproximadamente tres sismos con magnitud menor o igual a 5,85 y profundidad menor o igual a 113,15.

A continuación se presentan algunas probabilidades de ocurrencia de terremotos sujetas a diferentes magnitudes y profundidades, menores al umbral, con sus correspondientes tasas de ocurrencia.

Tabla 5. Probabilidades de ocurrencia de terremotos

Profundidad menor o igual a	Magnitud menor o igual a	Frecuencia	λ
0	5.2	3	0.03
40	5.2	4	0.04
0	5.4	1	0.01
40	5.4	3	0.03
40	5.6	2	0.02

Fuente: Autoras del proyecto.

6.3 MODELAJE DEL BONO CATASTRÓFICO EN COLOMBIA

El emisor de este tipo de bono es el gobierno debido a que la ocurrencia de un sismo es un bien asegurable para él y porque es la única institución con capacidad suficiente de financiamiento.

Para que la compra-venta del bono sea justa entre el gobierno y el inversionista, el valor del daño esperado en términos actuales debe ser igual a cero, es decir, es el dinero que el gobierno debe tener para enfrentar obligaciones eventuales y con los inversionistas en el momento de la ocurrencia de la catástrofe. Al igual, se necesita que tasa instantánea de interés en caso de no ocurrencia del evento sea mayor que la tasa libre de riesgo.

El bono a trabajar es sin cupones con diferimiento de pago del principal en caso de ocurrencia del evento, es decir, el gobierno paga al inversionista su inversión inicial S años después del evento.

Si:

- $\delta_E = 0 \rightarrow$ el gobierno paga al inversionista en el momento de ocurrencia del evento.
- $\delta_E < 0 \rightarrow$ el gobierno paga al inversionista menos de su inversión inicial (cuando ocurre el evento).
- $\delta_E > 0 \rightarrow$ el gobierno paga el inicial mas los beneficios.

Existen cuatro casos para el cálculo del Bono y de la tasa de interés δ_{NE} . En cada uno de ellos $\delta_{NE} > \delta_C$ o $\delta_{NE} > \delta_E$:

- El gobierno no paga a los inversionistas y retiene el total de dinero por la venta del bono.

$$\delta_{NE} = \delta_C + \lambda$$

$$\text{Bono} = e^{(\delta_{NE} * R)} * e^{(\delta_C * R)} * e^{-\lambda R}$$

- El gobierno paga a los inversionistas un porcentaje del capital inicial invertido S años después de la ocurrencia del evento ($S \geq 0$) a una tasa de interés δ_E .

$$\delta_{NE} = \text{Ln} \{ (e^{R(\lambda + \delta_C)}) - [e^{R(\lambda + \delta_C)} * e^{S(\delta_E - \delta_C)} * (\lambda / (\lambda + \delta_C)) * (1 - e^{-R(\lambda + \delta_C)})] \}^{(1/R)}$$

$$\text{Bono} = (e^{S(\delta_E - \delta_C)}) * [\lambda / (\lambda + \delta_C)] * (1 - e^{-R(\lambda + \delta_C)}) + [(e^{(\delta_{NE} * R)}) * (e^{-R(\lambda + \delta_C)})]$$

- El gobierno paga a los inversionistas un porcentaje de la inversión inicial en el momento de ocurrencia del evento ($s = 0$).

$$\delta_{NE} = \text{Ln} [1 - ((\lambda / (\lambda + \delta_C)) * (1 - e^{-R(\lambda + \delta_C)})) / e^{(-\delta_C * R)} * e^{-\lambda R}]^{(1/R)}$$

$$\text{Bono} = [(\lambda / (\lambda + \delta_C)) * (1 - e^{-R(\lambda + \delta_C)})] + [e^{\delta_{NE} * R} * (e^{(-\delta_C * R)} * e^{-\lambda R})]$$

- El gobierno paga a los inversionistas un porcentaje de la inversión inicial al final del contrato aunque el evento ocurra antes de la duración del bono.

$$\delta_{NE} = \text{Ln} \{ [(1 - e^{R(\delta_E - \delta_C)}) * (1 - e^{-\lambda R})] / e^{-r(\delta_C + \lambda)} \}^{(1/R)}$$

$$\text{Bono} = [e^{(\delta_E * R)} * e^{(-\delta_C * R)} * (1 - e^{-\lambda R})] + [e^{(\delta_{NE} * R)} * e^{(-\delta_C * R)} * e^{-\lambda R}]$$

Donde:

R = duración del bono.

δ_C = tasa libre de riesgo.

δ_E = tasa de interés en caso de ocurrencia del bono.

δ_{NE} = tasa instantánea de interés en caso de no ocurrencia del evento.

S = tiempo después del siniestro en el cual el inversionista recibirá su beneficio.

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

Tabla 6. Tasas de interés instantáneas en caso de no evento I

				R	S	δ_c	δ_E
				1	1	10.72%	0.00%
				δ_{NE}			
Magnitud	Profundidad	Frecuencia	λ	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
5.2	0	3	0.03	13.72%	11.17%	10.88%	11.03%
5.2	40	4	0.04	14.72%	11.32%	10.93%	11.13%
5.4	0	1	0.01	11.72%	10.87%	10.77%	10.82%
5.4	40	3	0.03	13.72%	11.17%	10.88%	11.03%
5.6	40	2	0.02	12.72%	11.02%	10.82%	10.92%

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 7. Tasas de interés instantáneas en caso de no evento II

				R	S	δ_c	δ_E
				1	1.5	10.72%	0.00%
				δ_{NE}			
Magnitud	Profundidad	Frecuencia	λ	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
5.2	0	3	0.03	13.72%	11.30%	10.88%	11.03%
5.2	40	4	0.04	14.72%	11.50%	10.93%	11.13%
5.4	0	1	0.01	11.72%	10.91%	10.77%	10.82%
5.4	40	3	0.03	13.72%	11.30%	10.88%	11.03%
5.6	40	2	0.02	12.72%	11.11%	10.82%	10.92%

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 8. Tasas de interés instantáneas en caso de no evento III

				R	S	δ_c	δ_E
				1	2	10.72%	5.00%
				δ_{NE}			
Magnitud	Profundidad	Frecuencia	λ	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
5.2	0	3	0.03	13.72%	11.19%	10.88%	10.89%
5.2	40	4	0.04	14.72%	11.35%	10.93%	10.95%
5.4	0	1	0.01	11.72%	10.87%	10.77%	10.78%
5.4	40	3	0.03	13.72%	11.19%	10.88%	10.89%
5.6	40	2	0.02	12.72%	11.03%	10.82%	10.83%

Fuente: Autoras del proyecto.

A continuación se presenta el caso cuando el evento ocurre y el gobierno solo regresa el 50% o 25% de la inversión inicial. Aún así, las tasas de interés instantáneas en caso de no evento son atractivas.

Tabla 9. Tasas de interés instantáneas en caso de evento

				R	S	δ_c	δ_E
				1	1.5	10.72%	-56.00%
				δ_{NE}			
Magnitud	Profundidad	Frecuencia	λ	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
5.2	0	3	0.03	13.72%	12.68%	10.88%	12.19%
5.2	40	4	0.04	14.72%	13.34%	10.93%	12.68%
5.4	0	1	0.01	11.72%	11.37%	10.77%	11.21%
5.4	40	3	0.03	13.72%	12.68%	10.88%	12.19%
5.6	40	2	0.02	12.72%	12.03%	10.82%	11.70%

Fuente: Autoras del proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que invertir en Bonos Catastróficos es realmente atractivo pues en caso de evento, el gobierno regresa al inversionista su capital S años después con una tasa de rendimiento superior a la tasa libre de riesgo.

Tabla 10. Tasas de interés en caso de no evento a través del tiempo

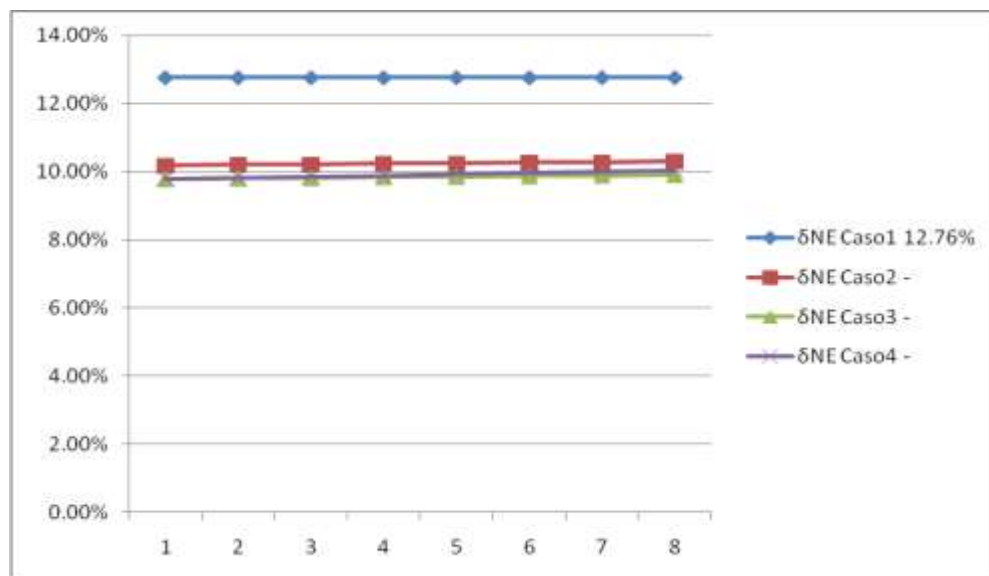
		λ	S	δ_c	δ_E
		0.03	1.5	10.72%	0.00%
		δ_{NE}			
R		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
0		13.72%	-	-	-
0.125		13.72%	11.18%	10.74%	10.76%
0.25		13.72%	11.20%	10.76%	10.80%
0.375		13.72%	11.22%	10.78%	10.84%
0.5		13.72%	11.24%	10.80%	10.88%

0.625	13.72%	11.25%	10.82%	10.92%
0.75	13.72%	11.27%	10.84%	10.95%
0.875	13.72%	11.29%	10.86%	10.99%
1	13.72%	11.30%	10.88%	11.03%

Fuente: Autoras del proyecto.

La grafica a continuación muestra que la tasa instantánea de interés en caso de no ocurrencia del evento (δ_{NE}) siempre es constante en el tiempo, pues no esta influenciada por la ocurrencia del mismo.

Figura 8. Bono en el tiempo



Fuente: Autoras del proyecto.

El beneficio esperado que obtiene el gobierno por emitir este tipo de bono, suponiendo que el número de bonos vendidos por el gobierno es 1, se expresa así:

$$\text{Beneficio del Gobierno} = \frac{\lambda}{\lambda - \delta_C} * (1 - e^{-R(\lambda - \delta_C)}) - e^{-S(\delta_E - \delta_C)} * (1 - e^{-\lambda R})$$

Lo anterior se puede interpretar como la inversión inicial del gobierno a R años y con una tasa libre de riesgo, menos los pagos a los inversionistas por la ocurrencia del sismo.

Del mismo modo, el beneficio del inversionista se define como:

$$\text{Beneficio del inversionista} = e^{R(\delta_{NE} - \lambda)} * e^{R(\delta_C - \lambda)}$$

La tasa instantánea en caso de no evento que iguala el beneficio del gobierno con el del inversionista es:

$$\delta_{NE} = \text{Ln} \{ [\lambda / (\lambda - \delta_C) + ((1 - (\lambda / (\lambda - \delta_C))) * e^{-R(\lambda - \delta_C)} - e^{S(\delta_E - \delta_C)} + e^{S(\delta_E - \delta_C) - \lambda R})] / e^{-\lambda R} \}^{(1/R)}$$

Comparado con una prima de seguro:

$$\text{Prima seguro} = \frac{\lambda}{\lambda - \delta_{\text{cetes}}} * (1 - e^{-R(\delta_C + \lambda)})$$

La emisión de Bonos Catastróficos resulta beneficiosa para el Gobierno, ya que el principal de los inversionistas le proporciona el dinero sufiere para cubrir los daños ocasionados por un desastre natural. Al inversionista también le genera beneficios la emisión de estos bonos, pues le permite captar a corto plazo una tasa de interés δ_{NE} bastante alta.

Tabla 11. Disponibles esperados para el gobierno y el inversionista

λ	S	δ_C	δ_E	δ_{NE}
0.03	1.5	10.72%	-100.00%	12.10%
R	DISPONIBLE ESPERADO		δ_{NE}	GOB-INV=0

	Gobierno	Inversionista		
0	-	-	-	-
0.125	0.0031	0.0030	13.14%	0.0001
0.25	0.0062	0.0060	13.123%	0.0002
0.375	0.0093	0.0091	13.12%	0.0002
0.5	0.0125	0.0122	13.10%	0.0002
0.625	0.0157	0.0155	13.09%	0.0002
0.75	0.0189	0.0188	13.08%	0.0002
0.875	0.0222	0.0221	13.07%	0.0001
1	0.0256	0.0256	13.06%	0.0000

Fuente: Autoras del proyecto.

Tabla 12. Disponibles esperados para el gobierno y el inversionista, calculados con distintas probabilidades de ocurrencia

	R	S	δC	δE
	1	1.5	10.72%	-100.00%
λ	DISPONIBLE ESPERADO		δNE	GOB-INV=0
	Gobierno	Inversionista		
0.03	0,025573	0,025573	13,06%	0
0.04	0,033925	0,033925	13,84%	0
0.01	0,008612	0,008612	11,50%	0
0.03	0,025573	0,025573	13,06%	0
0.02	0,017136	0,017136	12,28%	0

Fuente: Autoras del proyecto.

Existe otro tipo de disponible, el real, que se define como la cantidad de dinero de la cual dispone el gobierno dado que el evento ocurra en algún momento antes del vencimiento del Bono.

$$\text{Disponible real} = e^{(\delta C * R)} - e^{(\delta E * S)} * e^{(-\delta C * S)}$$

La tabla a continuación muestra un ejemplo del disponible para Gobierno y el beneficio del inversionista dado que el evento ocurra a mitad de la fecha de vencimiento del Bono con $\delta_c = 10,72\%$, $T = 0,5$, $R = 1$ y $\lambda = 0,03$.

Tabla 13. Beneficios que se obtienen por la ocurrencia o no del evento

S	EVENTO						NO EVENTO					
	DISPONIBLE DEL GOBIERNO						BENEFICIO DEL INVERSIONISTA					
	δ_E						δ_E					
	0%	1%	2%	3%	4%	5%	0%	1%	2%	3%	4%	5%
0	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
0,5	0,107	0,103	0,098	0,093	0,088	0,083	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
1	0,157	0,148	0,139	0,129	0,120	0,111	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003
1,5	0,204	0,191	0,178	0,164	0,151	0,137	0,006	0,006	0,005	0,005	0,004	0,004
2	0,248	0,232	0,215	0,198	0,181	0,163	0,007	0,007	0,006	0,006	0,005	0,005
2,5	0,290	0,271	0,251	0,231	0,210	0,188	0,009	0,008	0,007	0,007	0,006	0,006
3	0,330	0,308	0,285	0,262	0,238	0,213	0,010	0,009	0,008	0,008	0,007	0,006
3,5	0,368	0,343	0,318	0,292	0,265	0,237	0,011	0,010	0,009	0,009	0,008	0,007
4	0,404	0,377	0,350	0,321	0,291	0,260	0,012	0,011	0,010	0,009	0,009	0,008
4,5	0,438	0,409	0,380	0,349	0,316	0,282	0,013	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008
5	0,470	0,440	0,408	0,375	0,340	0,304	0,014	0,013	0,012	0,011	0,010	0,009
5,5	0,501	0,469	0,436	0,401	0,364	0,325	0,015	0,014	0,013	0,012	0,011	0,010
6	0,529	0,497	0,462	0,426	0,387	0,346	0,016	0,015	0,014	0,013	0,011	0,010
6,5	0,557	0,523	0,488	0,450	0,409	0,366	0,016	0,015	0,014	0,013	0,012	0,011
7	0,583	0,549	0,512	0,473	0,430	0,385	0,017	0,016	0,015	0,014	0,013	0,011
7,5	0,608	0,573	0,535	0,495	0,451	0,404	0,018	0,017	0,016	0,015	0,013	0,012
8	0,631	0,596	0,557	0,516	0,471	0,422	0,019	0,018	0,016	0,015	0,014	0,012
8,5	0,653	0,617	0,579	0,536	0,490	0,440	0,019	0,018	0,017	0,016	0,014	0,013
9	0,674	0,638	0,599	0,556	0,509	0,457	0,020	0,019	0,018	0,016	0,015	0,014
9,5	0,694	0,658	0,618	0,575	0,527	0,474	0,021	0,019	0,018	0,017	0,016	0,014
10	0,713	0,677	0,637	0,593	0,544	0,491	0,021	0,020	0,019	0,018	0,016	0,015

Fuente: Autoras del proyecto.

6.4 SIMULACIÓN DEL BONO CATASTRÓFICO EN COLOMBIA

Se hicieron simulaciones de 1000 escenarios para comprobar que el Bono Catastrófico funcione a largo plazo, en donde U son las variaciones aleatorias que se tendrán para la función; T es el tiempo en el cual ocurre el terremoto y tiene

una distribución exponencial con parámetro λ , debido a que se pretenden conocer los tiempos de ocurrencia del evento. Cuando $T \leq 1$ el evento ocurre antes del vencimiento del bono y el gobierno toma los fondos, y cuando $T > 1$ el sismo ocurre después del cumplimiento del contrato y los fondos son pagados al inversionista.

Para hallar el tiempo después del siniestro en el cual el inversionista recibirá su beneficio (S) y la tasa instantánea de interés en caso de ocurrencia del bono (δ_E), se debe realizar un estudio sobre la capacidad de pago del emisor. Sin embargo, con el fin de realizar esta simulación se decidió trabajar con $S = 1$ año y $\delta_E = 50\%$

7. CONCLUSIONES

La valoración del Bono catastrófico sobre el evento de inundación, no fue posible el cálculo debido que en Colombia no existen bases de datos que contengan los registros históricos de la velocidad y el nivel de agua, las cuales son necesarias para el cálculo del precio del bono y la tasa a pagar a los inversionistas. Teniendo en cuenta lo anterior, no se puede continuar con el desarrollo de este proyecto en lo que a inundaciones respecta.

Los bonos sobre catástrofes son productos estructurados que permiten la cobertura de riesgos naturales a un precio más asequible. Son operaciones con mayor calidad crediticia que la de un contrato de reaseguro tradicional y aunque su liquidez es baja, se ve compensada con los altos rendimientos que ofrece. Permiten la diversificación de portafolios, y por lo tanto la reducción de riesgos.

En los bonos catastróficos no existe la posibilidad de que el reasegurador no pague a la aseguradora, ya que el dinero para cubrir las pérdidas del evento catastrófico fue cedido por los inversionistas al comprar el bono.

Para un inversionista es atractivo invertir en Bonos Catastróficos debido a que el riesgo de pérdida de este producto financiero no está correlacionado con el riesgo con el riesgo de pérdida del mercado de capitales, pero al mismo tiempo se expone a una desventaja debido a que estos Bonos no se negocian en el mercado secundario lo que implica que son de baja liquidez.

Para la Ingeniería Financiera que siempre ha trabajado los bonos tradicionales y el reaseguro por separado, cada uno con sus respectivas características, ve en la aplicación del Bono Catastrófico un nuevo producto financiero de estudio e

implementación, debido a que reúne y desarrolla características que permiten la interacción y el mejor funcionamiento de estos productos financieros en uno solo.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSEN, Torben Juul. Utilización de técnicas de financiamiento del riesgo para gestionar las exposiciones económicas de amenazas naturales. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo, 2007.

APARICIO, José A. Guía de riesgos: Sismos [en línea]. [Andalucía, España]: Protección civil de Andalucía, 2002, actualizado en 2005. Disponible en:
<http://www.proteccioncivil-andalucia.org/Emergencias/Sismos.htm>

ASKENAZY, Claudio. Mercado de capitales [en línea]. [Buenos Aires, Argentina]: Universidad del Salvador. Disponible en:
<http://www.salvador.edu.ar/ua1-4-tpmc00-bo.htm>

BIBLIOTECA VIRTUAL DEL BANCO DE LA REPÚBLICA. Bonos: Ayuda de tareas sobre economía [en línea]. [Bogotá, Colombia]: Biblioteca Virtual, 2005. Disponible en:
<http://www.lablaa.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/econo92.htm>

BUREAU OF LABOR STATISTICS. The Costumer Price Index for urban wage earners and clerical workers [en línea]. [Washington, D.C.]: Social security administration, 2008. Disponible en:
<http://www.ssa.gov/OACT/STATS/cpiw.html>

BOELSTERLI, Carlos. Catástrofes de la naturaleza en economías en desarrollo [PPT]. Swiss Re, 2007.

CARDONA, Omar D. Diagnóstico de la gestión financiera del riesgo y propuesta de instrumentos financieros factibles de retención y transferencia. Bogotá, Colombia: Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina - PREDECAN-, Diciembre de 2007.

----- . Estudio sobre desastres ocurridos en Colombia: Estimación de pérdidas y cuantificación de costos. Bogotá, Colombia: Evaluacion de riesgos naturales, Octubre de 2005.

COX, Samuel y PEDERSEN Hal. Catastrophe risk bonds. Atlanta, GA: Georgia State University, Octubre de 1997.

CROSON, David C. y KEUREUTHER, Howard C.. Customizing reinsurance and cat bonds for natural hazard risks. En: Conference on global change and catastrophic risk management. (1999: Luxemburg). Pennsylvania: Wharton Financial Institutions Center, 1999. 28p.

DANE. Conciliación censal 1985 – 2005. Colombia, Mayo de 2007, p. 25 -235.

FINANCIAL SERVICES AUTHORITY. Cross-sector risk transfers. Londres: Mayo, 2002.

IDEAM. Definiciones [en línea]. [Bogotá, Colombia]: IDEAM, 2001. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/alertas/defini/index4.htm>

INGEOMINAS. Amenaza sísmica [en línea]. [Bogotá, Colombia]: INGEOMINAS, 1997. Disponible en: http://www.ingeminas.gov.co/index.php?option=com_wrapper&Itemid=304

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES -IDEA-. Sistema de indicadores para la gestión del riesgo de desastre. Manizales, Colombia: Universidad nacional de Colombia, Julio 2005.

LALONDE, David. So you want to issue a CAT Bond. Boston, MA: AIR worldwide corporation, Febrero 2008.

LOPEZ CABRERA, Brenda. Valuación de bonos catastróficos para terremotos en México. México, 2003, 5p. Trabajo de grado.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Evento: Ola invernal / Inundaciones. Colombia: Organización mundial de la salud, 2004, 2 p.

PROTECCIÓN CIVIL EN ANDALUCÍA. Guía de riesgos: Sismos [en línea]. [Andalucía, España]: APARICIO, José A, 2002, actualizado en 2005. Disponible en: <http://www.proteccioncivil-andalucia.org/Emergencias/Sismos.htm>

RAMOS, Concepción. Mercados de absorción de riesgos. Madrid, España: Fundación MAPFRE, Octubre 2006.

ROSENBLUETH, Emilio. Sismos y sismicidad en México. México, UNAM, 1989.

SIGMA. Año de catástrofes 2001: siniestros record en el seguro de daños, un total de más de 33.000 muertos. En: Catástrofes de la naturaleza y catástrofes antropógenas en 2001: los siniestros antropógenos cobran una nueva dimensión. No 1 (2002); p. 6-10.

------. Los bonos catastróficos aumentan la asegurabilidad de las catástrofes naturales. En: Catástrofes de la naturaleza y catástrofes antropógenas en 2003: numerosas víctimas mortales, daños asegurados relativamente moderados. No 1(2004); p. 14-16.

------. Soluciones de seguro del mercado de capitales. En: El mercado de capitales: fuente de innovación para el sector asegurador. No 3 (2001); p. 12-15.

SUÁREZ, Gerardo y JIMÉNEZ, Zenón. Sismo en la ciudad de México y el terremoto del 19 de septiembre de 1985 [en línea]. [México DF, México]: instituto de geofísica UNAM, 1987. Disponible en:

<http://www.ssn.unam.mx/website/jsp/Sismo85/sismo85-idx.htm>

UNESPA. ¿Qué es el reaseguro? [En línea]. [Madrid, España]: UESPA: Asociación empresarial del seguro. Disponible en:

<http://www.unespa.es/frontend/unespa/Que-Es-El-Reaseguro-vn2779-vst226>

8. ANEXOS

Anexo 1. Base de datos final

FECHA			LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD (KM)	MAGNITUD (ML)	DAÑOS MILLONES (USD) 2005	MUERTES A POBLACIÓN 2005	DPTO.
AÑO	MES	DIA							
1994	6	6	2,85	-76,07	1	6,4	131,3657051	637,8114939	Cauca
1995	1	19	5,03	-72,95	0	6,6	15,06969265	0	Boyacá
1995	2	8	4,13	-76,74	102	6,6	2,033345686	0	Choco
1995	3	4	1,25	-77,26	0	5	0,987305402	0	Nariño
1995	3	19	7,98	-76,9	0	5,2	0	0	Antioquia
1995	8	19	5,13	-75,71	120,9	6,5	0,481495989	0	Caldas
1997	3	10	5,13	-72,77	0	5,2	0,844172975	0	Casanare
1997	9	2	3,96	-75,83	226,3	6,5	0,315059757	0	Valle
1999	1	25	4,43	-75,7	0,1	6,1	1056,473829	1227,842256	Quindío
1999	7	17	6,07	-72,73	2,9	5,4	2,380833093	0	Boyacá
1999	10	26	6,72	-73,3	145,9	5	0,093884257	0	Santander
2000	1	17	6,67	-72,05	0	5,8	0	0	Arauca
2000	11	8	6,85	-77,6	41,7	5,9	0,021920666	2,086628499	Choco
2002	7	2	5,29	-77,76	32,1	5	0	0	Choco
2003	1	8	6,24	-77,69	2,7	5,2	0	0	Choco
2003	1	22	3,57	-74,57	0	5,3	0	0	Huila
2004	1	15	4,22	-76,23	152	5,1	0	0	Valle
2004	1	20	6,86	-73,05	159,8	5,1	0	0	Santander
2004	8	18	2,14	-76,63	0,1	5,2	0,800786316	1,008459847	Cauca
2004	11	15	4,77	-77,72	26,2	6,7	2,949915969	0	Choco
2005	3	8	4,57	-76,08	5	5,2	0,007907222	0	Valle
2006	1	10	6,8	-73,1	150,7	5,6	0	0	Santander
2006	8	20	6,8	-73,08	158,2	5,1	0	0	Santander
2007	3	6	2,21	-76,48	4	5	0,102255939	0	Cauca
2007	3	17	4,66	-78,59	32	5,4	0	0	Choco
2007	3	18	4,8	-78,61	3,8	5,5	0	0	Choco
2007	5	6	6,82	-73,05	151,4	6	0	0	Santander
2007	9	10	2,93	-78,21	4	6,2	6,14814336	0	Nariño

Anexo 2. Modelos

No MODELO	VARIABLES	BIC	No BETAS	COEF. CORR. MULTIPLE	R ²	R ² AJUSTADO	ERROR TIPICO	OBS.	F	VALOR CRITICO F	β ₀	β ₁	β ₂	β ₃	β ₄
1	Daños VS Muertes	9.471,19	1	0,9345	0,8733	0,8684	93,3808	28	179,240	3,57E-13	14,334	1,203			
2	Daños VS Magnitud	43.488,72	1	0,1912	0,0366	0,0366	200,0983	28	0,986	3,30E-01	-319,717	64,462			
3	Daños VS Profundidad	43.838,97	1	0,1697	0,0288	-0,0086	200,9024	28	0,771	3,88E-01	69,343	-0,474			
4	Daños VS Magnitud, Profundidad	47.238,89	2	0,2688	0,0723	-0,0020	200,2433	28	0,974	3,92E-01	-325,639	70,629	-0,530		
5	Daños VS Magnitud, Profundidad, M*P	51.661,33	3	0,3173	0,1007	-0,0117	201,2174	28	0,896	4,58E-01	-606,279	-606,279	120,505	3,869	
6	Daños VS Muertes, Magnitud	6.322,37	2	0,9359	0,8758	0,8659	73,2568	28	88,171	4,73E-12	93,007	93,007	0,736		
7	Daños VS Muertes, Profundidad	6.430,32	2	0,9347	0,8737	0,8636	73,8796	28	86,481	5,85E-12	-8,182	-8,182	0,729		
8	Daños VS Muertes, Magnitud, Profundidad	7.087,55	3	0,9363	0,8766	0,8612	74,5300	28	56,841	4,72E-11	96,982	96,982	0,742	-19,045	
9	Daños VS Muertes, Magnitud, Profundidad, M*P	7.838,36	4	0,9376	0,8791	0,8580	75,3733	28	41,798	3,12E-10	187,692	0,752	-35,366	-1,241	0,234

Anexo 3. Simulaciones

ESCENARIOS	U (0,1)	T	DT GOB.	DT INVER.
1	0,537402	53,740167	0,000000	0,015085
2	0,594841	59,484065	0,000000	0,015085
3	0,006836	0,683591	0,015085	0,000000
4	0,056554	5,655432	0,000000	0,015085
5	0,869592	86,959240	0,000000	0,015085
6	0,995446	99,544564	0,000000	0,015085
7	0,477596	47,759626	0,000000	0,015085
8	0,760438	76,043761	0,000000	0,015085
9	0,688661	68,866114	0,000000	0,015085
10	0,850465	85,046547	0,000000	0,015085
11	0,724442	72,444215	0,000000	0,015085
12	0,039735	3,973470	0,000000	0,015085
13	0,656741	65,674114	0,000000	0,015085
14	0,806072	80,607156	0,000000	0,015085
15	0,034772	3,477211	0,000000	0,015085
16	0,176523	17,652278	0,000000	0,015085
17	0,947685	94,768522	0,000000	0,015085
18	0,917011	91,701148	0,000000	0,015085
19	0,150575	15,057483	0,000000	0,015085
20	0,099370	9,936950	0,000000	0,015085
21	0,458308	45,830795	0,000000	0,015085
22	0,754364	75,436358	0,000000	0,015085
23	0,366876	36,687633	0,000000	0,015085
24	0,775414	77,541421	0,000000	0,015085
25	0,791713	79,171288	0,000000	0,015085
26	0,188794	18,879376	0,000000	0,015085
27	0,037204	3,720438	0,000000	0,015085
28	0,318989	31,898949	0,000000	0,015085
29	0,932863	93,286321	0,000000	0,015085
30	0,513105	51,310507	0,000000	0,015085
31	0,845865	84,586474	0,000000	0,015085
32	0,753605	75,360544	0,000000	0,015085
33	0,146751	14,675135	0,000000	0,015085
34	0,965044	96,504444	0,000000	0,015085
35	0,383677	38,367708	0,000000	0,015085
36	0,304851	30,485097	0,000000	0,015085
37	0,289713	28,971333	0,000000	0,015085
38	0,303846	30,384608	0,000000	0,015085
39	0,167711	16,771134	0,000000	0,015085
40	0,699913	69,991309	0,000000	0,015085
41	0,173199	17,319920	0,000000	0,015085
42	0,165290	16,529019	0,000000	0,015085
43	0,019151	1,915076	0,000000	0,015085
44	0,128865	12,886453	0,000000	0,015085
45	0,534507	53,450654	0,000000	0,015085
46	0,040449	4,044888	0,000000	0,015085
47	0,267719	26,771884	0,000000	0,015085
48	0,264223	26,422348	0,000000	0,015085

ESCENARIOS	U (0,1)	T	DT GOB.	DT INVER.
501	0,529316	52,931615	0,000000	0,015085
502	0,531136	53,113625	0,000000	0,015085
503	0,594520	59,452045	0,000000	0,015085
504	0,062133	6,213345	0,000000	0,015085
505	0,847876	84,787592	0,000000	0,015085
506	0,039547	3,954679	0,000000	0,015085
507	0,197180	19,717961	0,000000	0,015085
508	0,982633	98,263349	0,000000	0,015085
509	0,627338	62,733799	0,000000	0,015085
510	0,400762	40,076222	0,000000	0,015085
511	0,387580	38,758041	0,000000	0,015085
512	0,935589	93,558860	0,000000	0,015085
513	0,261846	26,184578	0,000000	0,015085
514	0,970458	97,045806	0,000000	0,015085
515	0,238780	23,878004	0,000000	0,015085
516	0,299442	29,944171	0,000000	0,015085
517	0,315933	31,593305	0,000000	0,015085
518	0,925480	92,547997	0,000000	0,015085
519	0,784460	78,445993	0,000000	0,015085
520	0,030276	3,027640	0,000000	0,015085
521	0,848149	84,814939	0,000000	0,015085
522	0,757844	75,784363	0,000000	0,015085
523	0,557935	55,793479	0,000000	0,015085
524	0,009754	0,975442	0,015085	0,000000
525	0,933973	93,397321	0,000000	0,015085
526	0,437248	43,724795	0,000000	0,015085
527	0,281343	28,134307	0,000000	0,015085
528	0,943313	94,331271	0,000000	0,015085
529	0,251566	25,156576	0,000000	0,015085
530	0,172438	17,243821	0,000000	0,015085
531	0,921419	92,141873	0,000000	0,015085
532	0,475137	47,513675	0,000000	0,015085
533	0,574103	57,410261	0,000000	0,015085
534	0,850865	85,086536	0,000000	0,015085
535	0,250574	25,057355	0,000000	0,015085
536	0,907073	90,707261	0,000000	0,015085
537	0,246252	24,625205	0,000000	0,015085
538	0,707960	70,796009	0,000000	0,015085
539	0,344021	34,402068	0,000000	0,015085
540	0,987772	98,777231	0,000000	0,015085
541	0,460557	46,055748	0,000000	0,015085
542	0,027834	2,783407	0,000000	0,015085
543	0,987086	98,708618	0,000000	0,015085
544	0,399733	39,973334	0,000000	0,015085
545	0,072692	7,269224	0,000000	0,015085
546	0,332152	33,215151	0,000000	0,015085
547	0,984683	98,468316	0,000000	0,015085
548	0,036474	3,647362	0,000000	0,015085

49	0,718084	71,808365	0,000000	0,015085
50	0,727598	72,759803	0,000000	0,015085
51	0,454359	45,435859	0,000000	0,015085
52	0,572910	57,291033	0,000000	0,015085
53	0,471812	47,181244	0,000000	0,015085
54	0,374805	37,480545	0,000000	0,015085
55	0,693288	69,328788	0,000000	0,015085
56	0,041608	4,160803	0,000000	0,015085
57	0,971448	97,144752	0,000000	0,015085
58	0,944506	94,450635	0,000000	0,015085
59	0,875147	87,514690	0,000000	0,015085
60	0,455769	45,576872	0,000000	0,015085
61	0,085405	8,540512	0,000000	0,015085
62	0,062598	6,259783	0,000000	0,015085
63	0,887667	88,766735	0,000000	0,015085
64	0,533995	53,399524	0,000000	0,015085
65	0,694249	69,424944	0,000000	0,015085
66	0,610374	61,037441	0,000000	0,015085
67	0,480907	48,090701	0,000000	0,015085
68	0,489353	48,935290	0,000000	0,015085
69	0,117898	11,789750	0,000000	0,015085
70	0,739873	73,987270	0,000000	0,015085
71	0,976912	97,691204	0,000000	0,015085
72	0,352219	35,221866	0,000000	0,015085
73	0,204517	20,451694	0,000000	0,015085
74	0,220854	22,085449	0,000000	0,015085
75	0,812817	81,281677	0,000000	0,015085
76	0,118581	11,858066	0,000000	0,015085
77	0,068092	6,809151	0,000000	0,015085
78	0,468567	46,856658	0,000000	0,015085
79	0,466947	46,694667	0,000000	0,015085
80	0,062935	6,293485	0,000000	0,015085
81	0,135089	13,508900	0,000000	0,015085
82	0,116145	11,614516	0,000000	0,015085
83	0,216890	21,688970	0,000000	0,015085
84	0,974627	97,462704	0,000000	0,015085
85	0,160759	16,075877	0,000000	0,015085
86	0,056812	5,681198	0,000000	0,015085
87	0,104985	10,498523	0,000000	0,015085
88	0,226598	22,659806	0,000000	0,015085
89	0,173599	17,359901	0,000000	0,015085
90	0,066856	6,685625	0,000000	0,015085
91	0,653122	65,312164	0,000000	0,015085
92	0,333273	33,327281	0,000000	0,015085
93	0,642612	64,261172	0,000000	0,015085
94	0,286018	28,601761	0,000000	0,015085
95	0,851703	85,170331	0,000000	0,015085
96	0,589523	58,952265	0,000000	0,015085
97	0,703453	70,345303	0,000000	0,015085
98	0,697372	69,737193	0,000000	0,015085

549	0,433997	43,399680	0,000000	0,015085
550	0,830438	83,043796	0,000000	0,015085
551	0,347081	34,708127	0,000000	0,015085
552	0,495232	49,523152	0,000000	0,015085
553	0,602831	60,283085	0,000000	0,015085
554	0,935515	93,551483	0,000000	0,015085
555	0,134455	13,445460	0,000000	0,015085
556	0,935324	93,532429	0,000000	0,015085
557	0,007096	0,709573	0,015085	0,000000
558	0,437621	43,762127	0,000000	0,015085
559	0,590197	59,019720	0,000000	0,015085
560	0,990470	99,046965	0,000000	0,015085
561	0,463324	46,332432	0,000000	0,015085
562	0,206290	20,628990	0,000000	0,015085
563	0,284745	28,474495	0,000000	0,015085
564	0,123676	12,367557	0,000000	0,015085
565	0,565757	56,575715	0,000000	0,015085
566	0,747855	74,785493	0,000000	0,015085
567	0,384842	38,484245	0,000000	0,015085
568	0,335544	33,554447	0,000000	0,015085
569	0,323460	32,345979	0,000000	0,015085
570	0,121616	12,161573	0,000000	0,015085
571	0,023966	2,396588	0,000000	0,015085
572	0,428037	42,803658	0,000000	0,015085
573	0,503603	50,360261	0,000000	0,015085
574	0,756729	75,672856	0,000000	0,015085
575	0,526501	52,650102	0,000000	0,015085
576	0,443803	44,380309	0,000000	0,015085
577	0,317834	31,783361	0,000000	0,015085
578	0,202973	20,297348	0,000000	0,015085
579	0,107592	10,759224	0,000000	0,015085
580	0,533544	53,354362	0,000000	0,015085
581	0,228879	22,887943	0,000000	0,015085
582	0,710759	71,075871	0,000000	0,015085
583	0,134506	13,450595	0,000000	0,015085
584	0,722039	72,203882	0,000000	0,015085
585	0,213406	21,340587	0,000000	0,015085
586	0,185059	18,505856	0,000000	0,015085
587	0,910488	91,048796	0,000000	0,015085
588	0,752803	75,280325	0,000000	0,015085
589	0,188084	18,808413	0,000000	0,015085
590	0,521629	52,162894	0,000000	0,015085
591	0,705934	70,593379	0,000000	0,015085
592	0,733403	73,340270	0,000000	0,015085
593	0,238287	23,828708	0,000000	0,015085
594	0,396134	39,613409	0,000000	0,015085
595	0,239444	23,944382	0,000000	0,015085
596	0,956600	95,660047	0,000000	0,015085
597	0,976213	97,621269	0,000000	0,015085
598	0,129392	12,939151	0,000000	0,015085

99	0,610229	61,022887	0,000000	0,015085
100	0,905257	90,525704	0,000000	0,015085
101	0,987427	98,742746	0,000000	0,015085
102	0,102959	10,295890	0,000000	0,015085
103	0,952914	95,291395	0,000000	0,015085
104	0,519472	51,947227	0,000000	0,015085
105	0,900262	90,026236	0,000000	0,015085
106	0,478808	47,880849	0,000000	0,015085
107	0,243782	24,378175	0,000000	0,015085
108	0,690100	69,009977	0,000000	0,015085
109	0,892377	89,237668	0,000000	0,015085
110	0,603459	60,345930	0,000000	0,015085
111	0,302659	30,265923	0,000000	0,015085
112	0,631385	63,138464	0,000000	0,015085
113	0,011297	1,129684	0,000000	0,015085
114	0,626454	62,645450	0,000000	0,015085
115	0,139258	13,925849	0,000000	0,015085
116	0,109149	10,914937	0,000000	0,015085
117	0,392117	39,211718	0,000000	0,015085
118	0,604416	60,441604	0,000000	0,015085
119	0,938626	93,862554	0,000000	0,015085
120	0,496431	49,643121	0,000000	0,015085
121	0,411076	41,107567	0,000000	0,015085
122	0,804029	80,402861	0,000000	0,015085
123	0,665148	66,514776	0,000000	0,015085
124	0,669545	66,954516	0,000000	0,015085
125	0,257667	25,766745	0,000000	0,015085
126	0,656093	65,609342	0,000000	0,015085
127	0,655421	65,542110	0,000000	0,015085
128	0,183463	18,346256	0,000000	0,015085
129	0,838488	83,848827	0,000000	0,015085
130	0,305553	30,555295	0,000000	0,015085
131	0,015206	1,520564	0,000000	0,015085
132	0,829748	82,974789	0,000000	0,015085
133	0,649680	64,968010	0,000000	0,015085
134	0,600321	60,032149	0,000000	0,015085
135	0,141162	14,116238	0,000000	0,015085
136	0,369595	36,959539	0,000000	0,015085
137	0,879387	87,938722	0,000000	0,015085
138	0,767572	76,757231	0,000000	0,015085
139	0,671531	67,153106	0,000000	0,015085
140	0,837353	83,735269	0,000000	0,015085
141	0,042809	4,280879	0,000000	0,015085
142	0,569576	56,957563	0,000000	0,015085
143	0,031837	3,183678	0,000000	0,015085
144	0,977141	97,714057	0,000000	0,015085
145	0,920658	92,065830	0,000000	0,015085
146	0,450274	45,027419	0,000000	0,015085
147	0,481795	48,179515	0,000000	0,015085
148	0,695830	69,582973	0,000000	0,015085

599	0,862651	86,265131	0,000000	0,015085
600	0,317142	31,714154	0,000000	0,015085
601	0,261546	26,154622	0,000000	0,015085
602	0,097792	9,779170	0,000000	0,015085
603	0,044326	4,432551	0,000000	0,015085
604	0,836035	83,603529	0,000000	0,015085
605	0,954353	95,435320	0,000000	0,015085
606	0,634582	63,458241	0,000000	0,015085
607	0,291269	29,126931	0,000000	0,015085
608	0,821044	82,104435	0,000000	0,015085
609	0,580061	58,006137	0,000000	0,015085
610	0,698529	69,852915	0,000000	0,015085
611	0,730663	73,066280	0,000000	0,015085
612	0,360386	36,038607	0,000000	0,015085
613	0,520951	52,095130	0,000000	0,015085
614	0,526028	52,602825	0,000000	0,015085
615	0,595996	59,599576	0,000000	0,015085
616	0,142315	14,231470	0,000000	0,015085
617	0,638619	63,861865	0,000000	0,015085
618	0,233210	23,321026	0,000000	0,015085
619	0,853389	85,338944	0,000000	0,015085
620	0,338915	33,891499	0,000000	0,015085
621	0,557271	55,727080	0,000000	0,015085
622	0,370430	37,042995	0,000000	0,015085
623	0,692146	69,214590	0,000000	0,015085
624	0,691508	69,150844	0,000000	0,015085
625	0,391554	39,155382	0,000000	0,015085
626	0,816864	81,686419	0,000000	0,015085
627	0,879703	87,970295	0,000000	0,015085
628	0,579863	57,986334	0,000000	0,015085
629	0,599659	59,965909	0,000000	0,015085
630	0,292269	29,226877	0,000000	0,015085
631	0,501998	50,199751	0,000000	0,015085
632	0,119872	11,987197	0,000000	0,015085
633	0,467622	46,762235	0,000000	0,015085
634	0,653989	65,398860	0,000000	0,015085
635	0,514848	51,484826	0,000000	0,015085
636	0,477698	47,769787	0,000000	0,015085
637	0,486760	48,676023	0,000000	0,015085
638	0,363638	36,363820	0,000000	0,015085
639	0,472568	47,256813	0,000000	0,015085
640	0,783344	78,334428	0,000000	0,015085
641	0,977595	97,759525	0,000000	0,015085
642	0,217863	21,786323	0,000000	0,015085
643	0,719326	71,932645	0,000000	0,015085
644	0,446650	44,665024	0,000000	0,015085
645	0,501709	50,170941	0,000000	0,015085
646	0,980091	98,009117	0,000000	0,015085
647	0,773010	77,300969	0,000000	0,015085
648	0,102688	10,268807	0,000000	0,015085

149	0,856490	85,648964	0,000000	0,015085
150	0,534349	53,434890	0,000000	0,015085
151	0,101710	10,171049	0,000000	0,015085
152	0,622477	62,247716	0,000000	0,015085
153	0,850144	85,014363	0,000000	0,015085
154	0,386657	38,665658	0,000000	0,015085
155	0,999997	99,999740	0,000000	0,015085
156	0,662427	66,242693	0,000000	0,015085
157	0,091874	9,187434	0,000000	0,015085
158	0,376627	37,662724	0,000000	0,015085
159	0,752002	75,200200	0,000000	0,015085
160	0,297731	29,773134	0,000000	0,015085
161	0,232650	23,265042	0,000000	0,015085
162	0,775746	77,574634	0,000000	0,015085
163	0,777234	77,723379	0,000000	0,015085
164	0,186655	18,665547	0,000000	0,015085
165	0,250249	25,024868	0,000000	0,015085
166	0,828761	82,876088	0,000000	0,015085
167	0,320876	32,087552	0,000000	0,015085
168	0,796313	79,631315	0,000000	0,015085
169	0,255409	25,540894	0,000000	0,015085
170	0,895290	89,529023	0,000000	0,015085
171	0,557097	55,709740	0,000000	0,015085
172	0,191446	19,144565	0,000000	0,015085
173	0,570682	57,068199	0,000000	0,015085
174	0,746166	74,616615	0,000000	0,015085
175	0,687583	68,758260	0,000000	0,015085
176	0,164423	16,442274	0,000000	0,015085
177	0,230945	23,094515	0,000000	0,015085
178	0,127810	12,780999	0,000000	0,015085
179	0,685629	68,562949	0,000000	0,015085
180	0,925879	92,587906	0,000000	0,015085
181	0,339587	33,958729	0,000000	0,015085
182	0,575620	57,561997	0,000000	0,015085
183	0,642711	64,271095	0,000000	0,015085
184	0,218972	21,897212	0,000000	0,015085
185	0,751038	75,103834	0,000000	0,015085
186	0,038877	3,887661	0,000000	0,015085
187	0,605582	60,558240	0,000000	0,015085
188	0,488514	48,851438	0,000000	0,015085
189	0,016315	1,631508	0,000000	0,015085
190	0,743405	74,340517	0,000000	0,015085
191	0,196893	19,689287	0,000000	0,015085
192	0,602100	60,209951	0,000000	0,015085
193	0,843155	84,315507	0,000000	0,015085
194	0,405665	40,566547	0,000000	0,015085
195	0,785439	78,543880	0,000000	0,015085
196	0,901517	90,151688	0,000000	0,015085
197	0,508085	50,808517	0,000000	0,015085
198	0,813108	81,310775	0,000000	0,015085

649	0,404440	40,443974	0,000000	0,015085
650	0,539149	53,914872	0,000000	0,015085
651	0,164877	16,487726	0,000000	0,015085
652	0,020700	2,070036	0,000000	0,015085
653	0,441486	44,148560	0,000000	0,015085
654	0,637136	63,713595	0,000000	0,015085
655	0,420309	42,030935	0,000000	0,015085
656	0,098998	9,899783	0,000000	0,015085
657	0,976185	97,618496	0,000000	0,015085
658	0,371880	37,188010	0,000000	0,015085
659	0,944088	94,408815	0,000000	0,015085
660	0,043334	4,333381	0,000000	0,015085
661	0,365861	36,586115	0,000000	0,015085
662	0,139007	13,900741	0,000000	0,015085
663	0,148030	14,802978	0,000000	0,015085
664	0,902955	90,295502	0,000000	0,015085
665	0,449275	44,927463	0,000000	0,015085
666	0,106073	10,607342	0,000000	0,015085
667	0,284993	28,499291	0,000000	0,015085
668	0,186512	18,651205	0,000000	0,015085
669	0,520508	52,050843	0,000000	0,015085
670	0,145710	14,570979	0,000000	0,015085
671	0,604920	60,491958	0,000000	0,015085
672	0,582520	58,251960	0,000000	0,015085
673	0,314548	31,454827	0,000000	0,015085
674	0,851400	85,140045	0,000000	0,015085
675	0,118501	11,850107	0,000000	0,015085
676	0,718954	71,895363	0,000000	0,015085
677	0,920131	92,013074	0,000000	0,015085
678	0,004558	0,455789	0,015085	0,000000
679	0,116629	11,662877	0,000000	0,015085
680	0,125051	12,505136	0,000000	0,015085
681	0,766781	76,678056	0,000000	0,015085
682	0,177346	17,734624	0,000000	0,015085
683	0,697663	69,766294	0,000000	0,015085
684	0,781944	78,194422	0,000000	0,015085
685	0,978575	97,857513	0,000000	0,015085
686	0,996245	99,624456	0,000000	0,015085
687	0,444020	44,402013	0,000000	0,015085
688	0,967173	96,717326	0,000000	0,015085
689	0,164341	16,434082	0,000000	0,015085
690	0,098293	9,829305	0,000000	0,015085
691	0,780257	78,025693	0,000000	0,015085
692	0,443544	44,354394	0,000000	0,015085
693	0,496733	49,673291	0,000000	0,015085
694	0,371753	37,175347	0,000000	0,015085
695	0,613316	61,331580	0,000000	0,015085
696	0,176190	17,619034	0,000000	0,015085
697	0,740506	74,050624	0,000000	0,015085
698	0,023557	2,355704	0,000000	0,015085

199	0,726419	72,641918	0,000000	0,015085
200	0,611173	61,117303	0,000000	0,015085
201	0,793702	79,370172	0,000000	0,015085
202	0,028542	2,854182	0,000000	0,015085
203	0,438889	43,888917	0,000000	0,015085
204	0,789631	78,963128	0,000000	0,015085
205	0,326115	32,611453	0,000000	0,015085
206	0,655259	65,525881	0,000000	0,015085
207	0,783066	78,306624	0,000000	0,015085
208	0,517480	51,748034	0,000000	0,015085
209	0,913896	91,389574	0,000000	0,015085
210	0,630286	63,028647	0,000000	0,015085
211	0,418695	41,869506	0,000000	0,015085
212	0,543174	54,317357	0,000000	0,015085
213	0,229216	22,921566	0,000000	0,015085
214	0,935360	93,536030	0,000000	0,015085
215	0,558892	55,889166	0,000000	0,015085
216	0,356144	35,614358	0,000000	0,015085
217	0,465979	46,597934	0,000000	0,015085
218	0,867084	86,708391	0,000000	0,015085
219	0,224823	22,482251	0,000000	0,015085
220	0,221391	22,139147	0,000000	0,015085
221	0,343102	34,310204	0,000000	0,015085
222	0,591606	59,160559	0,000000	0,015085
223	0,448046	44,804606	0,000000	0,015085
224	0,888258	88,825776	0,000000	0,015085
225	0,016861	1,686096	0,000000	0,015085
226	0,579068	57,906847	0,000000	0,015085
227	0,531858	53,185769	0,000000	0,015085
228	0,610455	61,045549	0,000000	0,015085
229	0,300166	30,016586	0,000000	0,015085
230	0,234493	23,449294	0,000000	0,015085
231	0,697504	69,750386	0,000000	0,015085
232	0,736713	73,671334	0,000000	0,015085
233	0,767676	76,767645	0,000000	0,015085
234	0,192502	19,250181	0,000000	0,015085
235	0,238830	23,882992	0,000000	0,015085
236	0,817590	81,758981	0,000000	0,015085
237	0,328709	32,870872	0,000000	0,015085
238	0,858959	85,895947	0,000000	0,015085
239	0,833692	83,369220	0,000000	0,015085
240	0,006129	0,612903	0,015085	0,000000
241	0,555607	55,560688	0,000000	0,015085
242	0,033034	3,303389	0,000000	0,015085
243	0,595345	59,534549	0,000000	0,015085
244	0,744794	74,479419	0,000000	0,015085
245	0,244109	24,410945	0,000000	0,015085
246	0,484244	48,424377	0,000000	0,015085
247	0,225908	22,590790	0,000000	0,015085
248	0,664520	66,452025	0,000000	0,015085

699	0,644948	64,494847	0,000000	0,015085
700	0,425256	42,525576	0,000000	0,015085
701	0,291487	29,148714	0,000000	0,015085
702	0,086881	8,688062	0,000000	0,015085
703	0,228281	22,828050	0,000000	0,015085
704	0,014650	1,464968	0,000000	0,015085
705	0,762941	76,294149	0,000000	0,015085
706	0,659742	65,974226	0,000000	0,015085
707	0,837407	83,740735	0,000000	0,015085
708	0,810978	81,097786	0,000000	0,015085
709	0,641508	64,150836	0,000000	0,015085
710	0,539449	53,944875	0,000000	0,015085
711	0,548778	54,877750	0,000000	0,015085
712	0,520451	52,045064	0,000000	0,015085
713	0,740016	74,001567	0,000000	0,015085
714	0,217489	21,748873	0,000000	0,015085
715	0,160038	16,003808	0,000000	0,015085
716	0,844482	84,448151	0,000000	0,015085
717	0,837613	83,761290	0,000000	0,015085
718	0,493830	49,383039	0,000000	0,015085
719	0,108712	10,871178	0,000000	0,015085
720	0,874431	87,443075	0,000000	0,015085
721	0,923500	92,350014	0,000000	0,015085
722	0,587535	58,753469	0,000000	0,015085
723	0,037758	3,775752	0,000000	0,015085
724	0,675836	67,583583	0,000000	0,015085
725	0,856605	85,660461	0,000000	0,015085
726	0,450359	45,035909	0,000000	0,015085
727	0,046646	4,664612	0,000000	0,015085
728	0,305626	30,562561	0,000000	0,015085
729	0,855802	85,580185	0,000000	0,015085
730	0,713808	71,380828	0,000000	0,015085
731	0,575459	57,545879	0,000000	0,015085
732	0,007542	0,754200	0,015085	0,000000
733	0,301127	30,112691	0,000000	0,015085
734	0,690795	69,079460	0,000000	0,015085
735	0,529827	52,982739	0,000000	0,015085
736	0,037006	3,700628	0,000000	0,015085
737	0,035121	3,512122	0,000000	0,015085
738	0,333101	33,310065	0,000000	0,015085
739	0,851878	85,187780	0,000000	0,015085
740	0,971633	97,163319	0,000000	0,015085
741	0,942875	94,287490	0,000000	0,015085
742	0,974788	97,478783	0,000000	0,015085
743	0,813633	81,363299	0,000000	0,015085
744	0,221461	22,146090	0,000000	0,015085
745	0,209072	20,907158	0,000000	0,015085
746	0,036555	3,655478	0,000000	0,015085
747	0,372639	37,263914	0,000000	0,015085
748	0,665822	66,582245	0,000000	0,015085

249	0,588186	58,818590	0,000000	0,015085
250	0,760817	76,081748	0,000000	0,015085
251	0,033349	3,334922	0,000000	0,015085
252	0,864496	86,449588	0,000000	0,015085
253	0,016878	1,687776	0,000000	0,015085
254	0,410353	41,035279	0,000000	0,015085
255	0,030048	3,004834	0,000000	0,015085
256	0,806181	80,618116	0,000000	0,015085
257	0,833543	83,354294	0,000000	0,015085
258	0,474603	47,460306	0,000000	0,015085
259	0,267801	26,780067	0,000000	0,015085
260	0,734535	73,453476	0,000000	0,015085
261	0,604732	60,473233	0,000000	0,015085
262	0,484484	48,448357	0,000000	0,015085
263	0,275701	27,570091	0,000000	0,015085
264	0,472005	47,200548	0,000000	0,015085
265	0,984394	98,439371	0,000000	0,015085
266	0,770396	77,039610	0,000000	0,015085
267	0,119906	11,990613	0,000000	0,015085
268	0,625299	62,529867	0,000000	0,015085
269	0,326902	32,690222	0,000000	0,015085
270	0,394813	39,481316	0,000000	0,015085
271	0,687827	68,782691	0,000000	0,015085
272	0,361028	36,102835	0,000000	0,015085
273	0,410101	41,010065	0,000000	0,015085
274	0,802288	80,228817	0,000000	0,015085
275	0,242638	24,263800	0,000000	0,015085
276	0,735597	73,559661	0,000000	0,015085
277	0,199712	19,971170	0,000000	0,015085
278	0,061947	6,194665	0,000000	0,015085
279	0,435041	43,504092	0,000000	0,015085
280	0,381076	38,107565	0,000000	0,015085
281	0,727881	72,788144	0,000000	0,015085
282	0,324324	32,432420	0,000000	0,015085
283	0,710211	71,021115	0,000000	0,015085
284	0,790444	79,044428	0,000000	0,015085
285	0,139540	13,954048	0,000000	0,015085
286	0,446913	44,691321	0,000000	0,015085
287	0,781465	78,146530	0,000000	0,015085
288	0,865112	86,511174	0,000000	0,015085
289	0,393574	39,357366	0,000000	0,015085
290	0,453409	45,340879	0,000000	0,015085
291	0,555330	55,533001	0,000000	0,015085
292	0,608112	60,811234	0,000000	0,015085
293	0,624680	62,467995	0,000000	0,015085
294	0,693976	69,397623	0,000000	0,015085
295	0,770098	77,009802	0,000000	0,015085
296	0,530418	53,041776	0,000000	0,015085
297	0,161626	16,162625	0,000000	0,015085
298	0,699346	69,934596	0,000000	0,015085

749	0,440488	44,048783	0,000000	0,015085
750	0,773560	77,355955	0,000000	0,015085
751	0,101664	10,166397	0,000000	0,015085
752	0,057490	5,748972	0,000000	0,015085
753	0,050591	5,059060	0,000000	0,015085
754	0,903012	90,301217	0,000000	0,015085
755	0,027628	2,762797	0,000000	0,015085
756	0,407298	40,729837	0,000000	0,015085
757	0,173863	17,386273	0,000000	0,015085
758	0,373922	37,392166	0,000000	0,015085
759	0,526317	52,631746	0,000000	0,015085
760	0,944520	94,451996	0,000000	0,015085
761	0,854307	85,430723	0,000000	0,015085
762	0,764559	76,455857	0,000000	0,015085
763	0,609815	60,981468	0,000000	0,015085
764	0,904249	90,424934	0,000000	0,015085
765	0,346070	34,606971	0,000000	0,015085
766	0,585601	58,560107	0,000000	0,015085
767	0,883397	88,339723	0,000000	0,015085
768	0,066360	6,636016	0,000000	0,015085
769	0,345122	34,512198	0,000000	0,015085
770	0,867373	86,737310	0,000000	0,015085
771	0,436015	43,601546	0,000000	0,015085
772	0,796460	79,645966	0,000000	0,015085
773	0,131108	13,110836	0,000000	0,015085
774	0,284153	28,415344	0,000000	0,015085
775	0,603177	60,317666	0,000000	0,015085
776	0,187739	18,773910	0,000000	0,015085
777	0,917347	91,734693	0,000000	0,015085
778	0,192989	19,298857	0,000000	0,015085
779	0,763671	76,367072	0,000000	0,015085
780	0,788074	78,807449	0,000000	0,015085
781	0,743601	74,360066	0,000000	0,015085
782	0,658978	65,897817	0,000000	0,015085
783	0,669899	66,989915	0,000000	0,015085
784	0,433745	43,374517	0,000000	0,015085
785	0,131462	13,146194	0,000000	0,015085
786	0,791654	79,165432	0,000000	0,015085
787	0,868746	86,874622	0,000000	0,015085
788	0,796140	79,613958	0,000000	0,015085
789	0,719127	71,912712	0,000000	0,015085
790	0,135869	13,586878	0,000000	0,015085
791	0,214924	21,492394	0,000000	0,015085
792	0,918712	91,871172	0,000000	0,015085
793	0,299689	29,968939	0,000000	0,015085
794	0,859876	85,987642	0,000000	0,015085
795	0,449451	44,945123	0,000000	0,015085
796	0,914845	91,484460	0,000000	0,015085
797	0,199049	19,904941	0,000000	0,015085
798	0,974944	97,494422	0,000000	0,015085

299	0,892250	89,224955	0,000000	0,015085
300	0,700858	70,085752	0,000000	0,015085
301	0,701231	70,123143	0,000000	0,015085
302	0,131580	13,157983	0,000000	0,015085
303	0,644241	64,424089	0,000000	0,015085
304	0,201955	20,195474	0,000000	0,015085
305	0,827812	82,781187	0,000000	0,015085
306	0,201131	20,113143	0,000000	0,015085
307	0,008402	0,840198	0,015085	0,000000
308	0,516880	51,687992	0,000000	0,015085
309	0,887882	88,788201	0,000000	0,015085
310	0,993238	99,323841	0,000000	0,015085
311	0,251529	25,152885	0,000000	0,015085
312	0,591813	59,181344	0,000000	0,015085
313	0,549477	54,947743	0,000000	0,015085
314	0,244915	24,491458	0,000000	0,015085
315	0,385132	38,513150	0,000000	0,015085
316	0,976392	97,639227	0,000000	0,015085
317	0,515085	51,508538	0,000000	0,015085
318	0,017664	1,766387	0,000000	0,015085
319	0,250399	25,039867	0,000000	0,015085
320	0,893858	89,385798	0,000000	0,015085
321	0,681212	68,121213	0,000000	0,015085
322	0,921911	92,191051	0,000000	0,015085
323	0,497995	49,799537	0,000000	0,015085
324	0,331356	33,135565	0,000000	0,015085
325	0,091877	9,187704	0,000000	0,015085
326	0,213639	21,363882	0,000000	0,015085
327	0,091974	9,197445	0,000000	0,015085
328	0,575213	57,521300	0,000000	0,015085
329	0,744831	74,483093	0,000000	0,015085
330	0,521399	52,139862	0,000000	0,015085
331	0,536100	53,609973	0,000000	0,015085
332	0,888698	88,869827	0,000000	0,015085
333	0,975949	97,594950	0,000000	0,015085
334	0,804599	80,459865	0,000000	0,015085
335	0,684763	68,476297	0,000000	0,015085
336	0,175553	17,555255	0,000000	0,015085
337	0,690369	69,036920	0,000000	0,015085
338	0,130968	13,096824	0,000000	0,015085
339	0,796009	79,600932	0,000000	0,015085
340	0,011923	1,192254	0,000000	0,015085
341	0,259960	25,996037	0,000000	0,015085
342	0,573237	57,323746	0,000000	0,015085
343	0,013021	1,302101	0,000000	0,015085
344	0,309059	30,905917	0,000000	0,015085
345	0,757712	75,771192	0,000000	0,015085
346	0,482212	48,221161	0,000000	0,015085
347	0,442270	44,227004	0,000000	0,015085
348	0,847121	84,712113	0,000000	0,015085

799	0,131859	13,185873	0,000000	0,015085
800	0,702711	70,271088	0,000000	0,015085
801	0,219227	21,922721	0,000000	0,015085
802	0,209596	20,959650	0,000000	0,015085
803	0,696049	69,604911	0,000000	0,015085
804	0,069750	6,975029	0,000000	0,015085
805	0,885421	88,542080	0,000000	0,015085
806	0,679806	67,980611	0,000000	0,015085
807	0,301100	30,110034	0,000000	0,015085
808	0,331169	33,116869	0,000000	0,015085
809	0,424542	42,454181	0,000000	0,015085
810	0,685596	68,559637	0,000000	0,015085
811	0,923731	92,373130	0,000000	0,015085
812	0,801266	80,126568	0,000000	0,015085
813	0,908511	90,851116	0,000000	0,015085
814	0,222799	22,279889	0,000000	0,015085
815	0,852573	85,257265	0,000000	0,015085
816	0,987458	98,745833	0,000000	0,015085
817	0,458706	45,870641	0,000000	0,015085
818	0,960084	96,008423	0,000000	0,015085
819	0,415417	41,541703	0,000000	0,015085
820	0,284723	28,472303	0,000000	0,015085
821	0,135447	13,544716	0,000000	0,015085
822	0,432033	43,203295	0,000000	0,015085
823	0,376505	37,650536	0,000000	0,015085
824	0,942013	94,201316	0,000000	0,015085
825	0,928133	92,813334	0,000000	0,015085
826	0,543512	54,351237	0,000000	0,015085
827	0,996503	99,650339	0,000000	0,015085
828	0,428240	42,824036	0,000000	0,015085
829	0,896378	89,637828	0,000000	0,015085
830	0,291527	29,152699	0,000000	0,015085
831	0,227340	22,734025	0,000000	0,015085
832	0,011134	1,113419	0,000000	0,015085
833	0,635303	63,530341	0,000000	0,015085
834	0,377605	37,760509	0,000000	0,015085
835	0,690784	69,078360	0,000000	0,015085
836	0,353896	35,389624	0,000000	0,015085
837	0,513602	51,360159	0,000000	0,015085
838	0,389167	38,916711	0,000000	0,015085
839	0,209176	20,917580	0,000000	0,015085
840	0,776747	77,674714	0,000000	0,015085
841	0,898107	89,810696	0,000000	0,015085
842	0,260539	26,053913	0,000000	0,015085
843	0,274188	27,418800	0,000000	0,015085
844	0,784392	78,439190	0,000000	0,015085
845	0,201728	20,172850	0,000000	0,015085
846	0,745902	74,590164	0,000000	0,015085
847	0,183010	18,300999	0,000000	0,015085
848	0,779365	77,936504	0,000000	0,015085

349	0,692787	69,278690	0,000000	0,015085
350	0,843212	84,321185	0,000000	0,015085
351	0,896369	89,636950	0,000000	0,015085
352	0,759251	75,925138	0,000000	0,015085
353	0,609710	60,970962	0,000000	0,015085
354	0,230741	23,074096	0,000000	0,015085
355	0,844121	84,412051	0,000000	0,015085
356	0,690380	69,038037	0,000000	0,015085
357	0,296943	29,694294	0,000000	0,015085
358	0,878563	87,856291	0,000000	0,015085
359	0,040046	4,004588	0,000000	0,015085
360	0,023464	2,346448	0,000000	0,015085
361	0,817655	81,765478	0,000000	0,015085
362	0,839856	83,985644	0,000000	0,015085
363	0,040232	4,023176	0,000000	0,015085
364	0,162245	16,224539	0,000000	0,015085
365	0,720765	72,076545	0,000000	0,015085
366	0,198607	19,860689	0,000000	0,015085
367	0,850737	85,073652	0,000000	0,015085
368	0,856994	85,699361	0,000000	0,015085
369	0,055067	5,506679	0,000000	0,015085
370	0,830860	83,085982	0,000000	0,015085
371	0,218686	21,868641	0,000000	0,015085
372	0,661255	66,125494	0,000000	0,015085
373	0,911535	91,153549	0,000000	0,015085
374	0,677162	67,716246	0,000000	0,015085
375	0,869026	86,902600	0,000000	0,015085
376	0,497131	49,713079	0,000000	0,015085
377	0,960219	96,021940	0,000000	0,015085
378	0,505478	50,547817	0,000000	0,015085
379	0,688709	68,870929	0,000000	0,015085
380	0,535840	53,584042	0,000000	0,015085
381	0,779347	77,934731	0,000000	0,015085
382	0,600915	60,091492	0,000000	0,015085
383	0,415924	41,592353	0,000000	0,015085
384	0,532190	53,219009	0,000000	0,015085
385	0,474617	47,461685	0,000000	0,015085
386	0,563026	56,302575	0,000000	0,015085
387	0,004905	0,490464	0,015085	0,000000
388	0,632481	63,248099	0,000000	0,015085
389	0,849076	84,907553	0,000000	0,015085
390	0,350354	35,035405	0,000000	0,015085
391	0,738617	73,861662	0,000000	0,015085
392	0,605190	60,519000	0,000000	0,015085
393	0,080172	8,017236	0,000000	0,015085
394	0,168523	16,852260	0,000000	0,015085
395	0,915373	91,537343	0,000000	0,015085
396	0,904187	90,418723	0,000000	0,015085
397	0,301531	30,153108	0,000000	0,015085
398	0,402746	40,274563	0,000000	0,015085

849	0,071344	7,134416	0,000000	0,015085
850	0,816116	81,611578	0,000000	0,015085
851	0,784725	78,472462	0,000000	0,015085
852	0,635943	63,594315	0,000000	0,015085
853	0,805054	80,505412	0,000000	0,015085
854	0,422073	42,207280	0,000000	0,015085
855	0,337557	33,755727	0,000000	0,015085
856	0,576407	57,640658	0,000000	0,015085
857	0,901055	90,105516	0,000000	0,015085
858	0,436736	43,673565	0,000000	0,015085
859	0,029207	2,920682	0,000000	0,015085
860	0,142492	14,249189	0,000000	0,015085
861	0,534036	53,403582	0,000000	0,015085
862	0,675124	67,512389	0,000000	0,015085
863	0,935966	93,596570	0,000000	0,015085
864	0,604997	60,499717	0,000000	0,015085
865	0,899068	89,906800	0,000000	0,015085
866	0,310865	31,086465	0,000000	0,015085
867	0,317081	31,708114	0,000000	0,015085
868	0,802180	80,217984	0,000000	0,015085
869	0,527460	52,745978	0,000000	0,015085
870	0,102434	10,243368	0,000000	0,015085
871	0,786590	78,659010	0,000000	0,015085
872	0,661110	66,110961	0,000000	0,015085
873	0,099599	9,959852	0,000000	0,015085
874	0,749315	74,931477	0,000000	0,015085
875	0,154975	15,497500	0,000000	0,015085
876	0,597973	59,797290	0,000000	0,015085
877	0,560880	56,088009	0,000000	0,015085
878	0,051242	5,124231	0,000000	0,015085
879	0,451983	45,198320	0,000000	0,015085
880	0,723301	72,330147	0,000000	0,015085
881	0,519787	51,978719	0,000000	0,015085
882	0,575577	57,557693	0,000000	0,015085
883	0,872590	87,259042	0,000000	0,015085
884	0,243063	24,306313	0,000000	0,015085
885	0,875110	87,511024	0,000000	0,015085
886	0,976798	97,679809	0,000000	0,015085
887	0,414569	41,456896	0,000000	0,015085
888	0,959617	95,961663	0,000000	0,015085
889	0,539901	53,990053	0,000000	0,015085
890	0,785191	78,519060	0,000000	0,015085
891	0,370815	37,081543	0,000000	0,015085
892	0,132286	13,228632	0,000000	0,015085
893	0,468915	46,891511	0,000000	0,015085
894	0,597092	59,709221	0,000000	0,015085
895	0,302657	30,265735	0,000000	0,015085
896	0,296848	29,684780	0,000000	0,015085
897	0,028970	2,897021	0,000000	0,015085
898	0,162966	16,296583	0,000000	0,015085

399	0,420903	42,090346	0,000000	0,015085
400	0,367211	36,721117	0,000000	0,015085
401	0,159156	15,915616	0,000000	0,015085
402	0,616503	61,650258	0,000000	0,015085
403	0,061818	6,181839	0,000000	0,015085
404	0,948786	94,878609	0,000000	0,015085
405	0,848572	84,857174	0,000000	0,015085
406	0,800284	80,028429	0,000000	0,015085
407	0,676451	67,645124	0,000000	0,015085
408	0,777109	77,710937	0,000000	0,015085
409	0,510396	51,039622	0,000000	0,015085
410	0,386570	38,657043	0,000000	0,015085
411	0,572881	57,288125	0,000000	0,015085
412	0,139917	13,991674	0,000000	0,015085
413	0,040431	4,043099	0,000000	0,015085
414	0,270859	27,085946	0,000000	0,015085
415	0,584237	58,423722	0,000000	0,015085
416	0,764458	76,445757	0,000000	0,015085
417	0,662499	66,249924	0,000000	0,015085
418	0,679110	67,910962	0,000000	0,015085
419	0,179361	17,936116	0,000000	0,015085
420	0,478310	47,830955	0,000000	0,015085
421	0,559180	55,917951	0,000000	0,015085
422	0,759453	75,945320	0,000000	0,015085
423	0,559292	55,929218	0,000000	0,015085
424	0,645229	64,522912	0,000000	0,015085
425	0,070532	7,053178	0,000000	0,015085
426	0,564893	56,489349	0,000000	0,015085
427	0,105148	10,514833	0,000000	0,015085
428	0,196367	19,636694	0,000000	0,015085
429	0,198707	19,870712	0,000000	0,015085
430	0,385374	38,537382	0,000000	0,015085
431	0,874963	87,496341	0,000000	0,015085
432	0,497041	49,704075	0,000000	0,015085
433	0,948283	94,828290	0,000000	0,015085
434	0,465021	46,502087	0,000000	0,015085
435	0,507469	50,746939	0,000000	0,015085
436	0,678248	67,824849	0,000000	0,015085
437	0,831051	83,105066	0,000000	0,015085
438	0,838731	83,873132	0,000000	0,015085
439	0,818710	81,871042	0,000000	0,015085
440	0,425290	42,528964	0,000000	0,015085
441	0,120934	12,093382	0,000000	0,015085
442	0,832496	83,249578	0,000000	0,015085
443	0,029491	2,949051	0,000000	0,015085
444	0,819883	81,988263	0,000000	0,015085
445	0,939582	93,958243	0,000000	0,015085
446	0,395318	39,531843	0,000000	0,015085
447	0,778333	77,833312	0,000000	0,015085
448	0,990704	99,070419	0,000000	0,015085

899	0,143156	14,315555	0,000000	0,015085
900	0,167955	16,795530	0,000000	0,015085
901	0,954501	95,450145	0,000000	0,015085
902	0,202313	20,231303	0,000000	0,015085
903	0,718419	71,841932	0,000000	0,015085
904	0,664732	66,473224	0,000000	0,015085
905	0,816738	81,673801	0,000000	0,015085
906	0,537275	53,727530	0,000000	0,015085
907	0,981593	98,159297	0,000000	0,015085
908	0,838624	83,862446	0,000000	0,015085
909	0,635326	63,532645	0,000000	0,015085
910	0,349412	34,941150	0,000000	0,015085
911	0,732234	73,223397	0,000000	0,015085
912	0,913318	91,331818	0,000000	0,015085
913	0,349725	34,972502	0,000000	0,015085
914	0,650054	65,005401	0,000000	0,015085
915	0,941874	94,187391	0,000000	0,015085
916	0,579449	57,944872	0,000000	0,015085
917	0,252083	25,208286	0,000000	0,015085
918	0,810797	81,079696	0,000000	0,015085
919	0,396092	39,609178	0,000000	0,015085
920	0,648837	64,883703	0,000000	0,015085
921	0,129375	12,937511	0,000000	0,015085
922	0,315973	31,597296	0,000000	0,015085
923	0,204320	20,431985	0,000000	0,015085
924	0,734414	73,441411	0,000000	0,015085
925	0,664446	66,444610	0,000000	0,015085
926	0,965052	96,505204	0,000000	0,015085
927	0,155635	15,563518	0,000000	0,015085
928	0,238074	23,807411	0,000000	0,015085
929	0,043524	4,352394	0,000000	0,015085
930	0,388948	38,894822	0,000000	0,015085
931	0,941232	94,123249	0,000000	0,015085
932	0,357888	35,788796	0,000000	0,015085
933	0,879708	87,970803	0,000000	0,015085
934	0,299577	29,957705	0,000000	0,015085
935	0,575264	57,526377	0,000000	0,015085
936	0,502024	50,202369	0,000000	0,015085
937	0,723425	72,342546	0,000000	0,015085
938	0,762855	76,285487	0,000000	0,015085
939	0,782670	78,266950	0,000000	0,015085
940	0,033421	3,342113	0,000000	0,015085
941	0,381603	38,160271	0,000000	0,015085
942	0,214432	21,443237	0,000000	0,015085
943	0,663068	66,306802	0,000000	0,015085
944	0,887510	88,751043	0,000000	0,015085
945	0,120571	12,057058	0,000000	0,015085
946	0,301530	30,152986	0,000000	0,015085
947	0,365911	36,591097	0,000000	0,015085
948	0,635002	63,500165	0,000000	0,015085

449	0,697401	69,740131	0,000000	0,015085
450	0,925268	92,526829	0,000000	0,015085
451	0,951871	95,187142	0,000000	0,015085
452	0,879796	87,979612	0,000000	0,015085
453	0,726706	72,670575	0,000000	0,015085
454	0,504571	50,457127	0,000000	0,015085
455	0,867201	86,720068	0,000000	0,015085
456	0,939205	93,920496	0,000000	0,015085
457	0,741229	74,122939	0,000000	0,015085
458	0,571988	57,198847	0,000000	0,015085
459	0,229727	22,972729	0,000000	0,015085
460	0,495951	49,595050	0,000000	0,015085
461	0,969895	96,989454	0,000000	0,015085
462	0,177714	17,771369	0,000000	0,015085
463	0,128807	12,880664	0,000000	0,015085
464	0,683128	68,312840	0,000000	0,015085
465	0,248695	24,869517	0,000000	0,015085
466	0,086670	8,666976	0,000000	0,015085
467	0,265717	26,571733	0,000000	0,015085
468	0,113539	11,353918	0,000000	0,015085
469	0,073365	7,336472	0,000000	0,015085
470	0,749324	74,932380	0,000000	0,015085
471	0,992883	99,288305	0,000000	0,015085
472	0,051178	5,117825	0,000000	0,015085
473	0,604284	60,428357	0,000000	0,015085
474	0,243683	24,368301	0,000000	0,015085
475	0,240820	24,082034	0,000000	0,015085
476	0,871449	87,144937	0,000000	0,015085
477	0,207526	20,752600	0,000000	0,015085
478	0,442995	44,299499	0,000000	0,015085
479	0,597050	59,705039	0,000000	0,015085
480	0,733546	73,354637	0,000000	0,015085
481	0,418102	41,810183	0,000000	0,015085
482	0,972701	97,270050	0,000000	0,015085
483	0,320801	32,080116	0,000000	0,015085
484	0,981336	98,133633	0,000000	0,015085
485	0,877335	87,733548	0,000000	0,015085
486	0,705746	70,574561	0,000000	0,015085
487	0,673303	67,330336	0,000000	0,015085
488	0,940367	94,036658	0,000000	0,015085
489	0,769670	76,967002	0,000000	0,015085
490	0,323236	32,323579	0,000000	0,015085
491	0,614309	61,430888	0,000000	0,015085
492	0,197384	19,738423	0,000000	0,015085
493	0,494168	49,416815	0,000000	0,015085
494	0,367867	36,786698	0,000000	0,015085
495	0,347733	34,773300	0,000000	0,015085
496	0,338312	33,831180	0,000000	0,015085
497	0,987287	98,728669	0,000000	0,015085
498	0,745155	74,515470	0,000000	0,015085

949	0,137928	13,792805	0,000000	0,015085
950	0,592836	59,283586	0,000000	0,015085
951	0,031454	3,145412	0,000000	0,015085
952	0,841844	84,184366	0,000000	0,015085
953	0,592289	59,228939	0,000000	0,015085
954	0,763246	76,324583	0,000000	0,015085
955	0,357535	35,753502	0,000000	0,015085
956	0,272838	27,283772	0,000000	0,015085
957	0,428279	42,827939	0,000000	0,015085
958	0,889421	88,942145	0,000000	0,015085
959	0,085708	8,570798	0,000000	0,015085
960	0,009382	0,938188	0,015085	0,000000
961	0,191548	19,154774	0,000000	0,015085
962	0,544205	54,420513	0,000000	0,015085
963	0,414632	41,463177	0,000000	0,015085
964	0,357825	35,782514	0,000000	0,015085
965	0,760246	76,024566	0,000000	0,015085
966	0,995669	99,566876	0,000000	0,015085
967	0,740259	74,025904	0,000000	0,015085
968	0,307720	30,771993	0,000000	0,015085
969	0,317124	31,712365	0,000000	0,015085
970	0,458612	45,861156	0,000000	0,015085
971	0,523997	52,399705	0,000000	0,015085
972	0,740051	74,005093	0,000000	0,015085
973	0,640678	64,067797	0,000000	0,015085
974	0,699698	69,969814	0,000000	0,015085
975	0,544321	54,432121	0,000000	0,015085
976	0,282981	28,298112	0,000000	0,015085
977	0,928785	92,878495	0,000000	0,015085
978	0,088136	8,813642	0,000000	0,015085
979	0,220587	22,058703	0,000000	0,015085
980	0,925212	92,521157	0,000000	0,015085
981	0,736852	73,685152	0,000000	0,015085
982	0,306658	30,665834	0,000000	0,015085
983	0,114204	11,420425	0,000000	0,015085
984	0,683682	68,368214	0,000000	0,015085
985	0,921174	92,117400	0,000000	0,015085
986	0,008458	0,845823	0,015085	0,000000
987	0,329347	32,934714	0,000000	0,015085
988	0,933083	93,308305	0,000000	0,015085
989	0,234282	23,428243	0,000000	0,015085
990	0,489017	48,901700	0,000000	0,015085
991	0,620511	62,051099	0,000000	0,015085
992	0,908288	90,828812	0,000000	0,015085
993	0,560585	56,058494	0,000000	0,015085
994	0,082663	8,266344	0,000000	0,015085
995	0,420422	42,042246	0,000000	0,015085
996	0,253515	25,351540	0,000000	0,015085
997	0,437312	43,731158	0,000000	0,015085
998	0,582666	58,266599	0,000000	0,015085

499	0,502504	50,250362	0,000000	0,015085
500	0,535617	53,561674	0,000000	0,015085

999	0,921185	92,118501	0,000000	0,015085
1000	0,884091	88,409051	0,000000	0,015085