



Taller Técnico Regional para Centroamérica sobre Financiamiento de Riesgos de Desastres y Seguro Paramétrico del CCRIF

Modelo de riesgo por Terremoto en SPHERA



- Introducción
- Zona geográfica
- Exposición (revisión)
- Peligro sísmico y vulnerabilidad
- Cálculo de pérdidas por sismo y esquema de seguro
- Operación en tiempo real del calculo por sismo
- Actualizaciones 2023
- Curvas de Excedencia de Pérdida por país

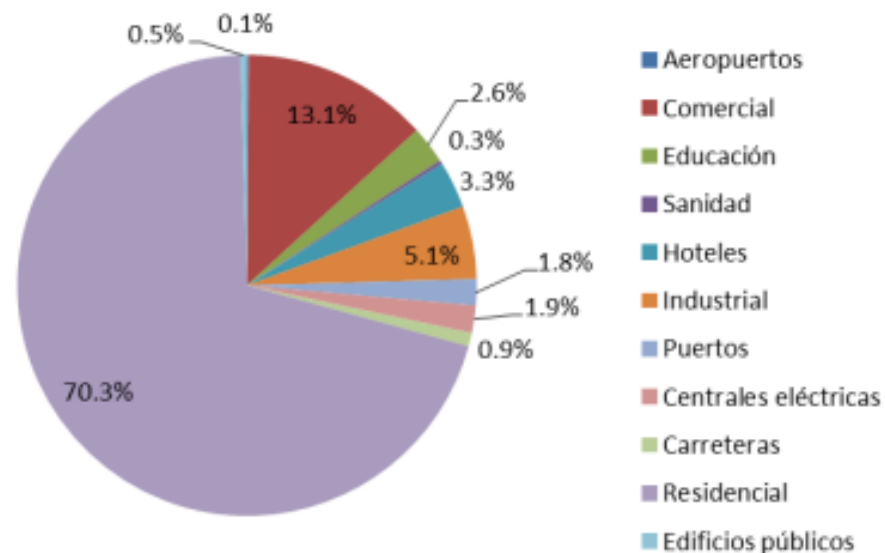
- Modelo de sismo y ciclones tropicales para el Caribe y América Central (SPHERA - System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment):
 - Para uso de instituciones nacionales, *p.ej.* gobierno
 - Proporciona pagos aproximadamente dos semanas después del evento
 - Basado en modelos físicos de peligro sísmico
 - Amplia y detallada base de datos de exposición de activos (incluidos edificios, infraestructura y cultivos)
 - Calibrado en función de las pérdidas registradas de eventos históricos de ciclones tropicales y sismos

Zona geográfica

- Caribe y Centroamérica (dominio único y unificado)



- Categorías incluidas:
 - Edificios residenciales
 - Edificios comerciales
 - Edificios públicos
 - Instalaciones industriales
 - Hoteles y restaurantes
 - Infraestructura sanitaria
 - Instalaciones energéticas
 - Infraestructura educativa
 - Aeropuertos y puertos
 - Red de transporte (carreteras)
 - Cultivos



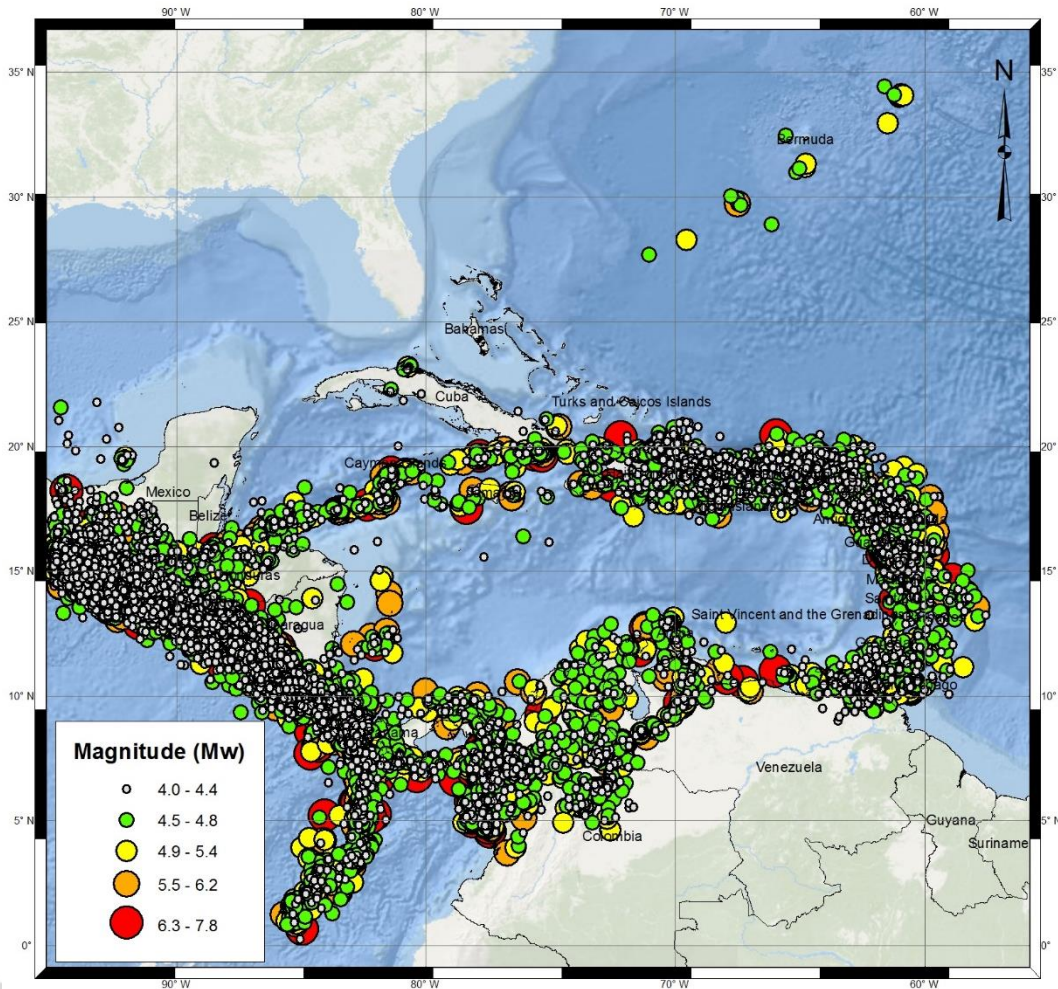
SPHERA Peligro y vulnerabilidad sísmica

System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk
Assessment

- Resumen

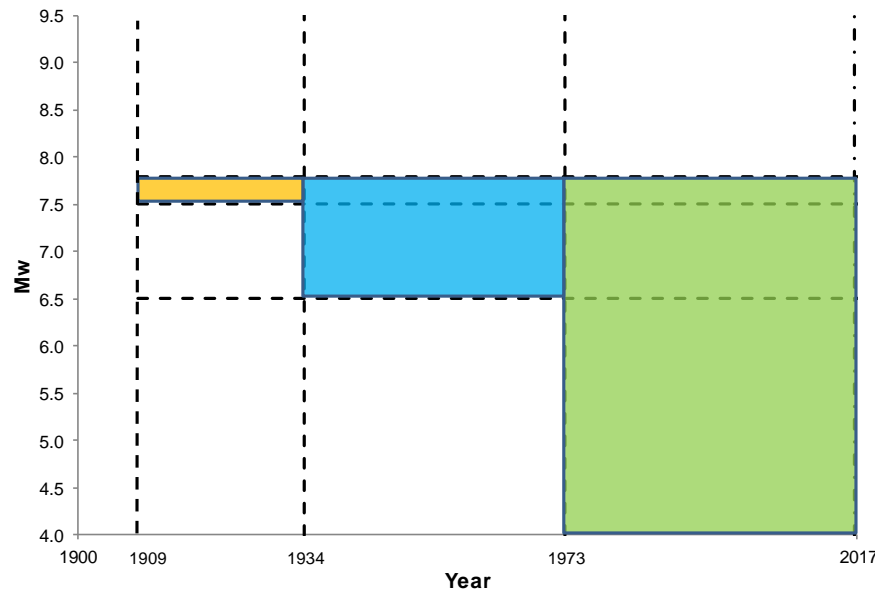
- Enfoque clásico de evaluación probabilística de peligro sísmico (PSHA) para estimar la relación a largo plazo entre la intensidad del **movimientos del terreno** y su **tasa de excedencia**
- **Zonificación** sísmica y representación de las fuentes usando diferentes modelos geométricos
- **Revisión, homogenización y desagregación** de la sismicidad histórica
- Estimación de parámetros de sismicidad mediante modelos de Poisson
- Selección y combinación de **ecuaciones de predicción de movimientos del suelo** por entorno tectónico
- Generación de **conjunto de eventos estocásticos** estadísticamente coherentes con la sismicidad histórica de la región
- Se llevó a cabo una reciente actualización de la evaluación probabilística de peligro sísmico de Jamaica, Haití y las Islas Caimán, para tomar en cuenta **explícitamente los datos de las fallas**

- Catálogo instrumental (1900-2021)

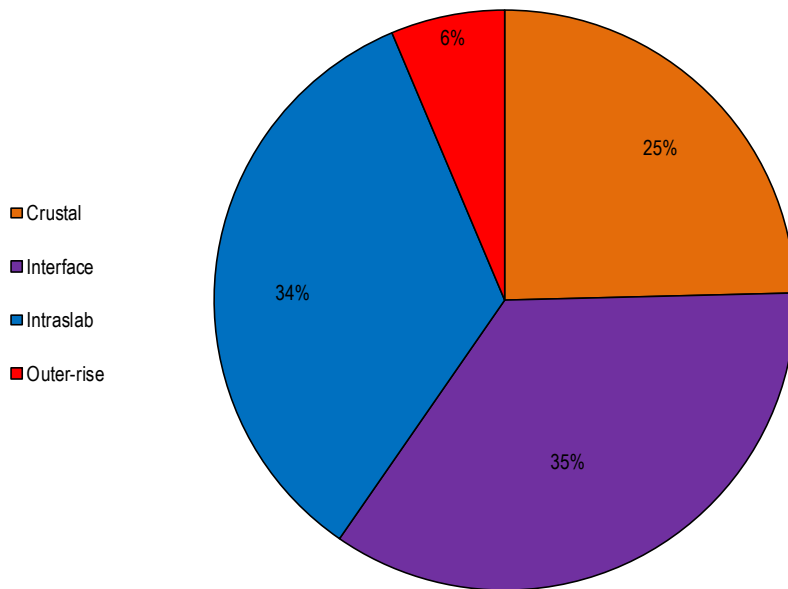


- Varias fuentes de datos:
 - NEIC/USGS
 - RESIS-II (NORSAR)
 - ISC-GEM
 - UWI/EUCENTRE
- M_{min}=4.0

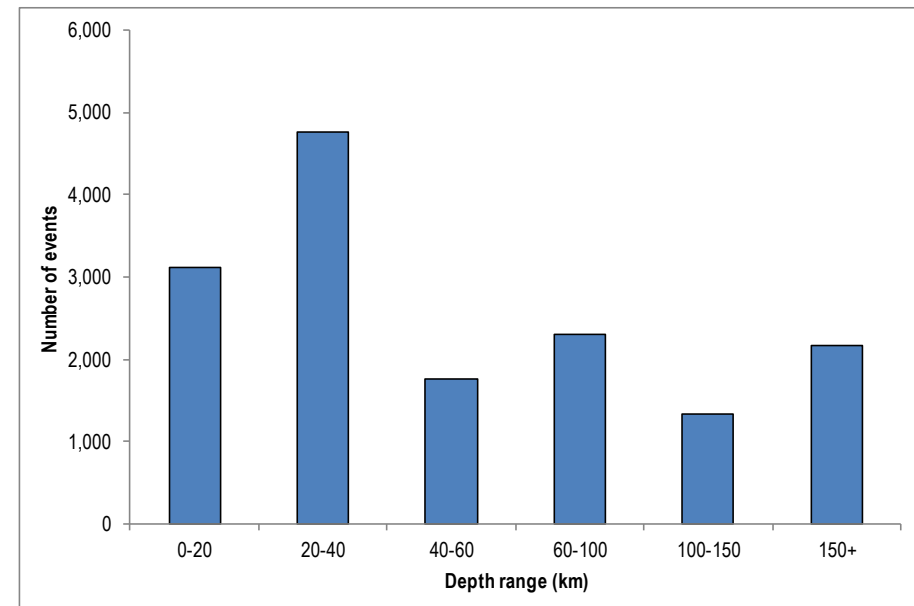
- Análisis de completitud
 - Verificación subregional
 - México y Centroamérica
 - El Caribe
 - Andes del Norte
 - Estimación de las ventanas de completitud para diferentes magnitudes umbral



- Desagregación
 - En el catálogo utilizado solo se incluyen eventos principales
 - 15,438 sismos conforman el catálogo utilizado

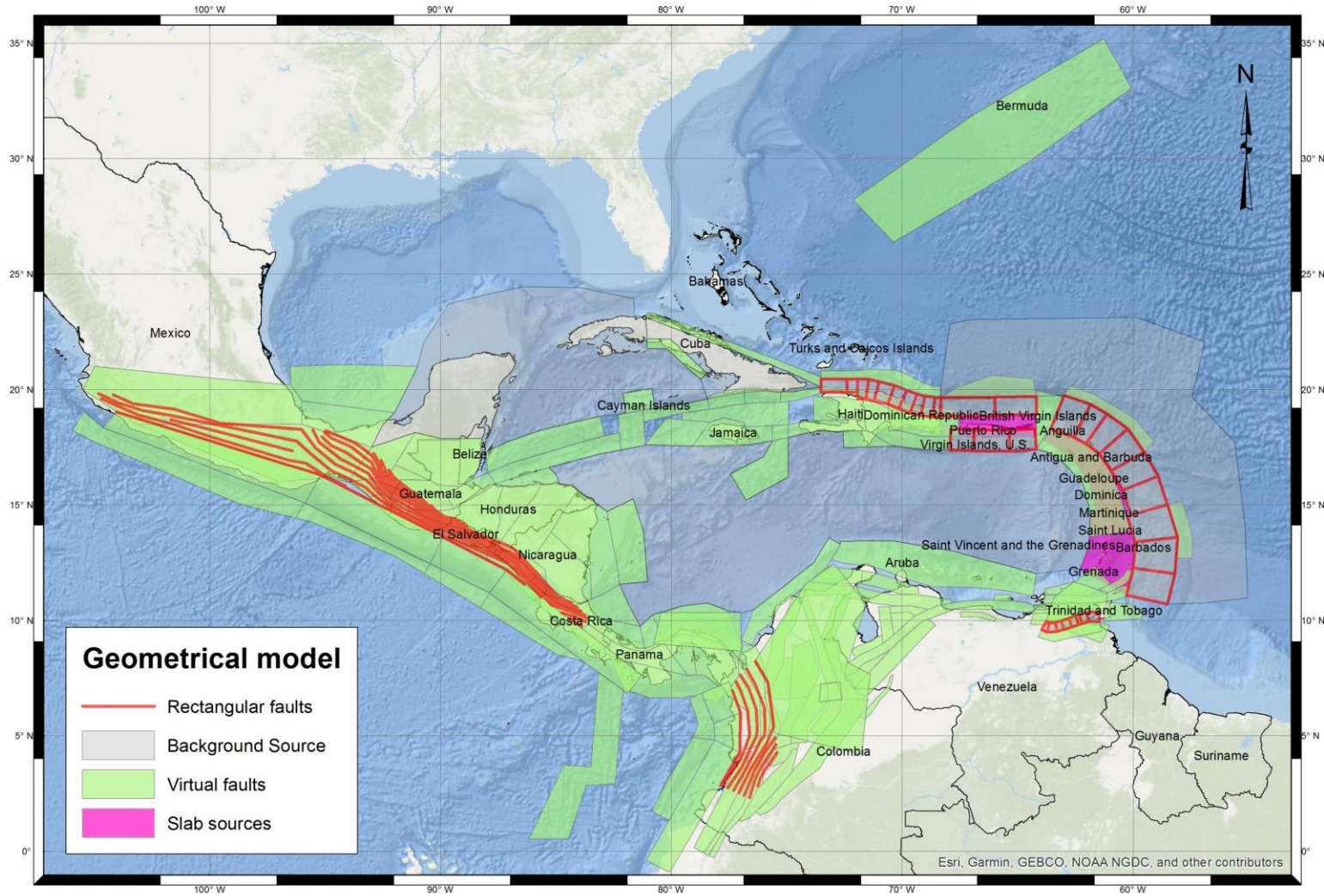


Clasificación por ambiente tectónico

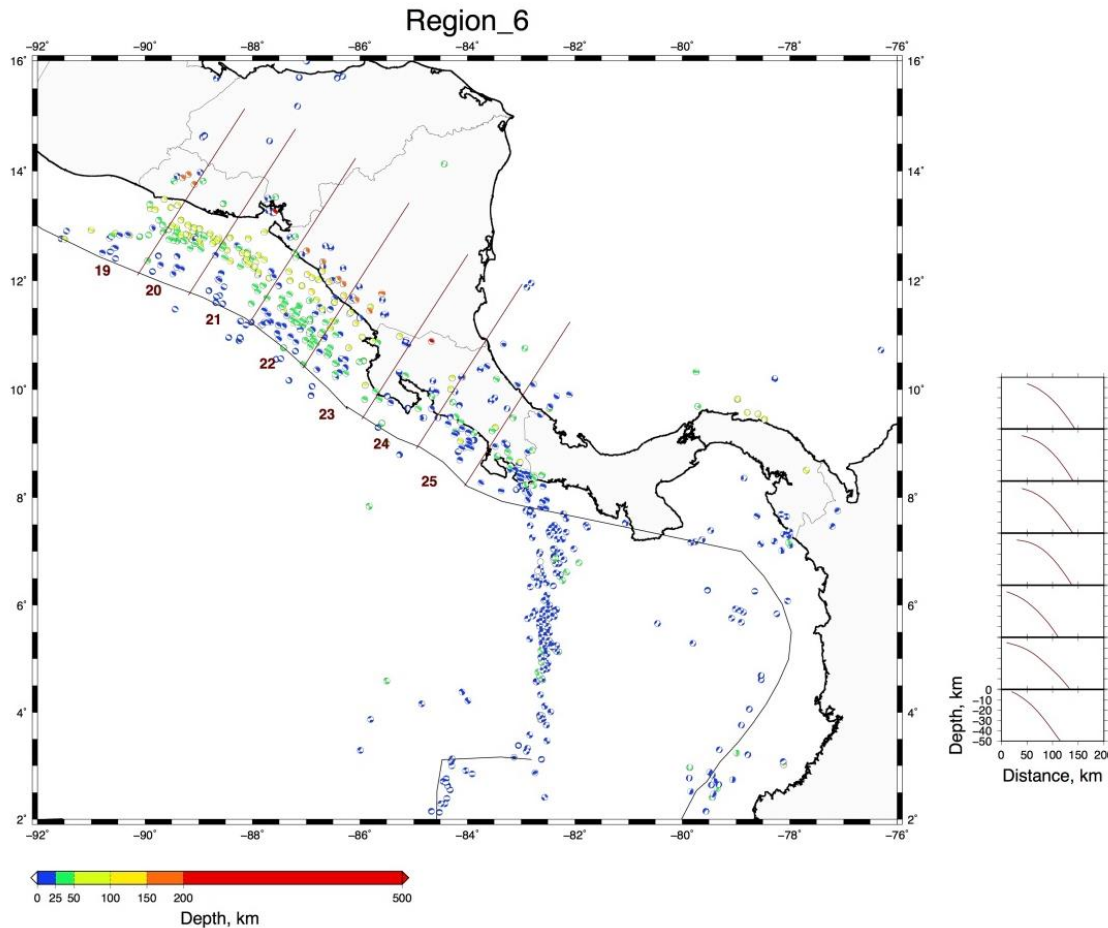


Clasificación por profundidad

- Zonificación y modelos geométricos

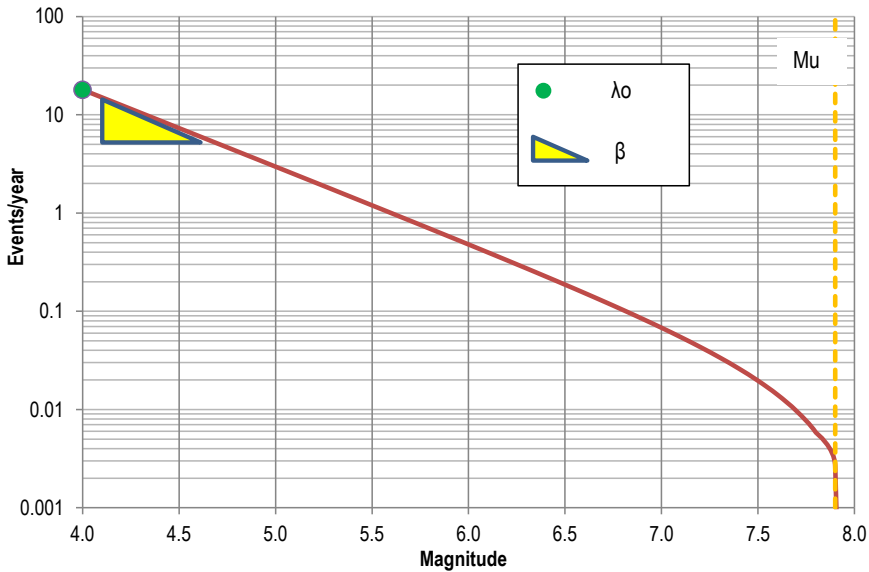


Zonificación tectónica – zonas de subducción

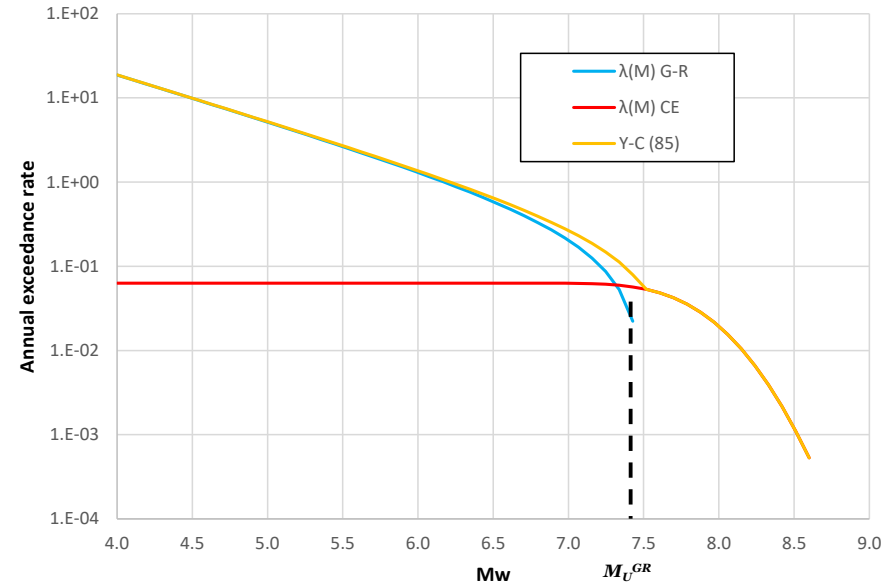


- Interfaz detallada y zonificación intraplaca basada en el conjunto de datos SLAB
- Secciones transversales para determinar geometrías de los procesos de subducción

- Modelos de sismicidad



Modelo G-R modificado



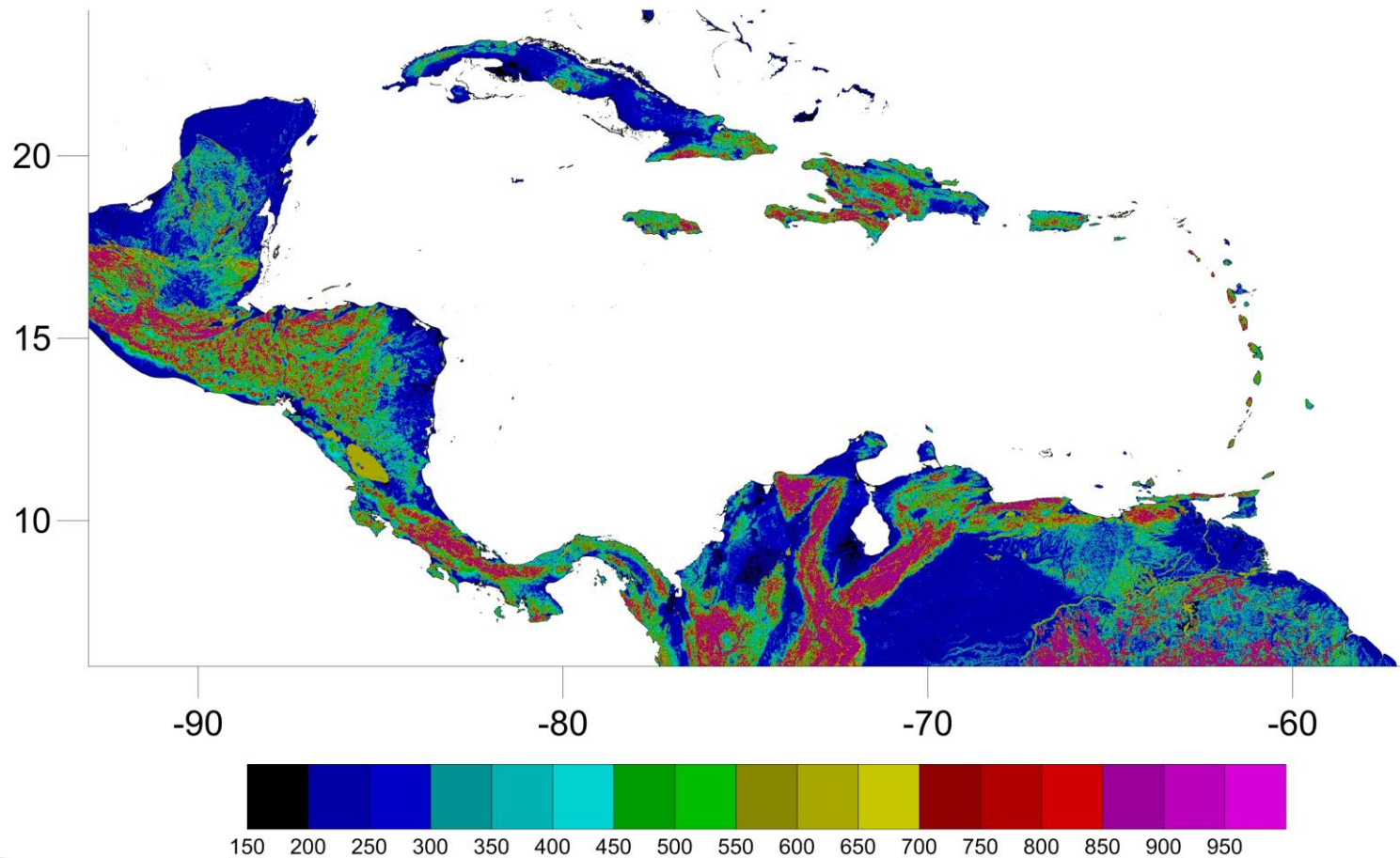
Modelo Youngs and Coppersmith modificado

Estimación de los parámetros de sismicidad utilizando procedimientos de máxima verosimilitud y combinando ventanas de completitud

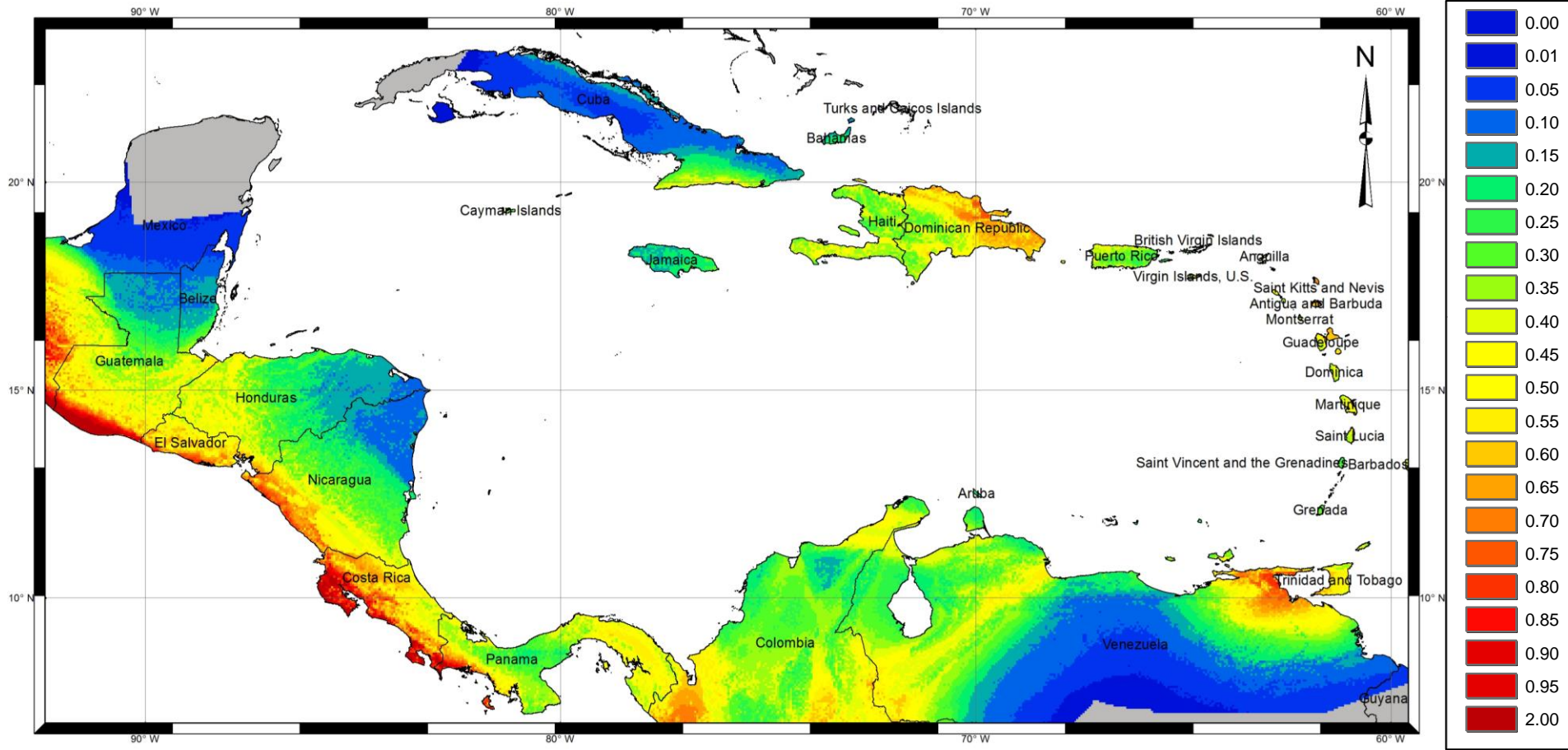
- Ecuaciones de predicción del movimiento del suelo
 - Enfoque de modelo compuesto que permiten combinar diferentes modelos
 - Selección basada en estudios previos y recomendaciones para la región
 - Cuando están disponibles, se incluyen modelos locales

Region/Country	Tectonic environment	Base GMPEs
Mexico	Crustal	Chiou-Youngs (2014) - Abrahamson et al. (2014) - Zhao et al. (2006)
	Interface	Zhao et al. (2006) - Youngs et al. (1997) - Lin and Lee (2008) - Arroyo et al. (2010)
	Intraslab	Zhao et al. (2006) - Youngs et al. (1997) - Kanno et al. (2006) - García et al. (2005)
Central America and the Caribbean	Interface	Zhao et al. (2006) - Youngs et al. (1997) - Lin and Lee (2008)
	Intraslab	Zhao et al. (2006) - Youngs et al. (1997) - Kanno et al. (2006)
	Outer-rise	Zhao et al. (2006)
	Crustal	Chiou-Youngs (2014) - Abrahamson et al. (2014) - Zhao et al. (2006)
Northern Andes	Interface	Zhao et al. (2006) - Youngs et al. (1997) - Lin and Lee (2008) - Bernal (2014)
	Intraslab	Zhao et al. (2006) - Youngs et al. (1997) - Kanno et al. (2006) - Bernal (2014)
	Crustal	Chiou-Youngs (2014) - Abrahamson et al. (2014) - Zhao et al. (2006) - Bernal (2014)

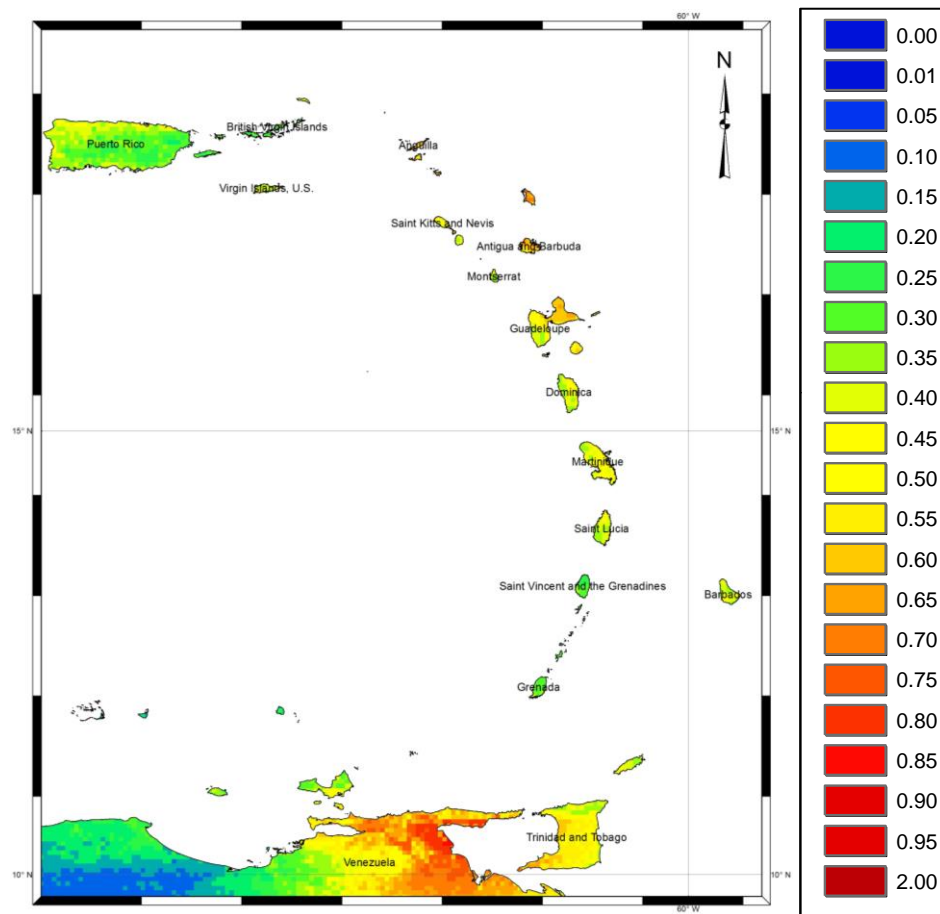
- Efectos de sitio
 - Basado en Vs30 USGS)



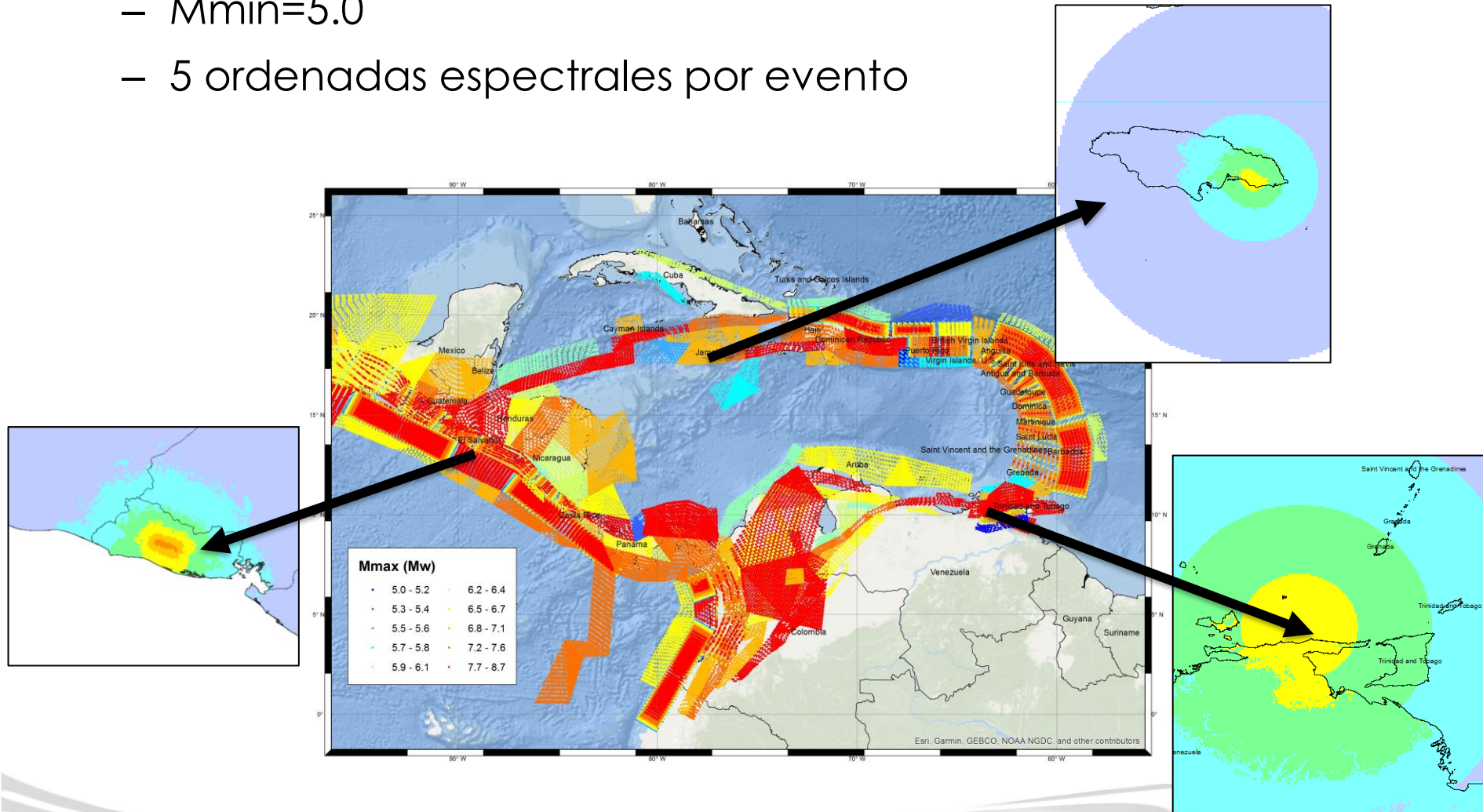
- Resultados de modelo de peligro (pga – 475 años en suelo – g)



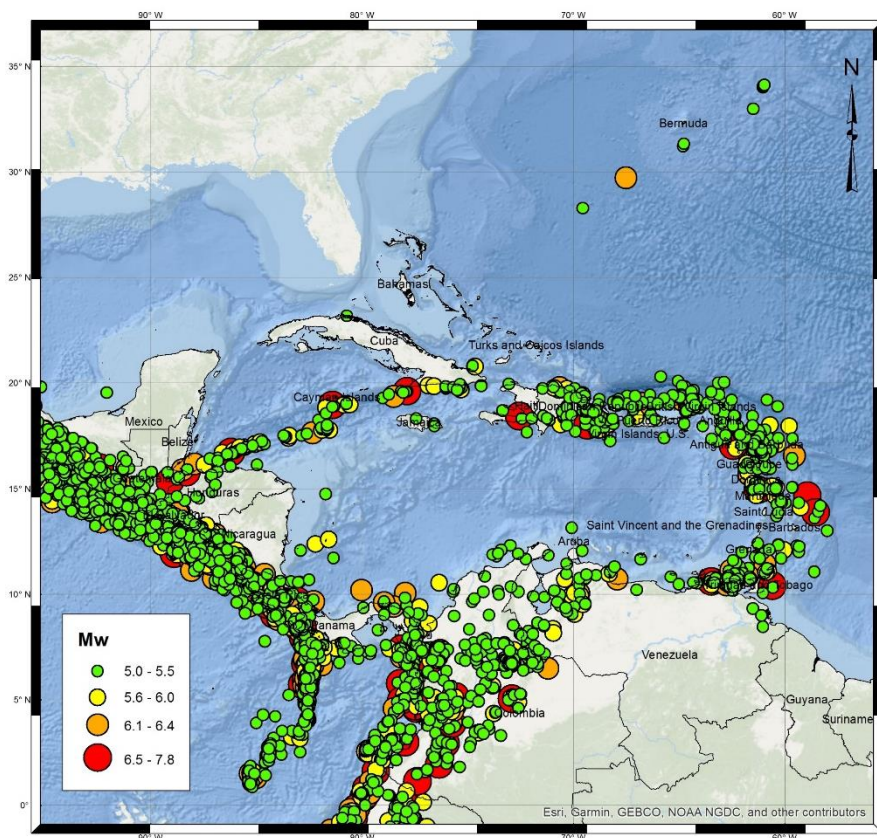
- Resultados de modelo de peligro (pga – 475 años en suelo – g)



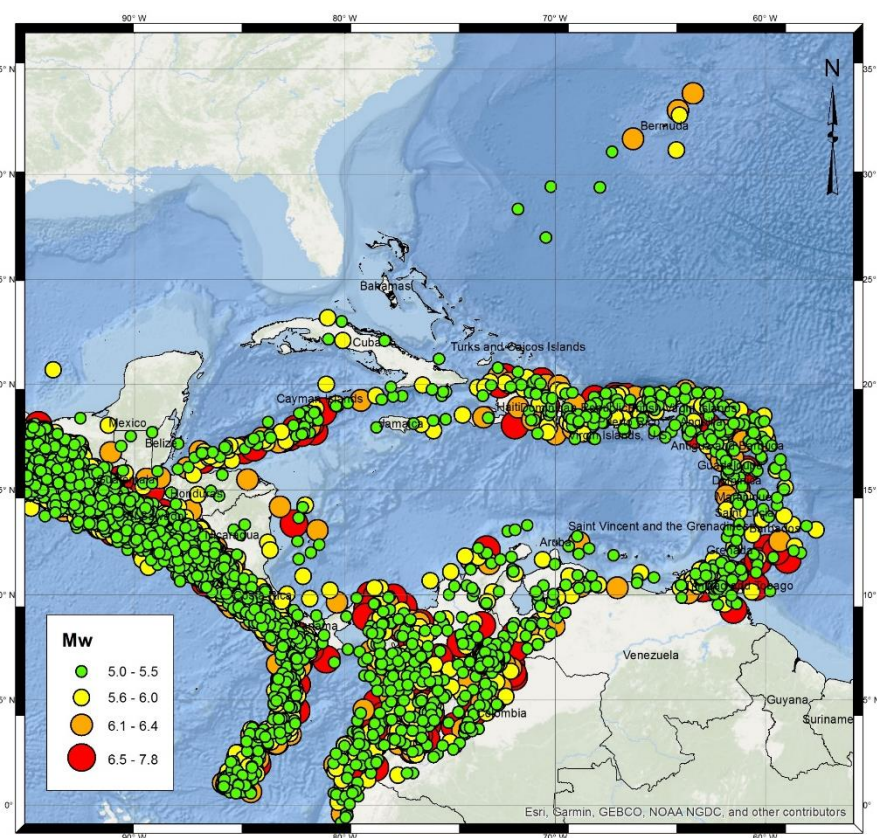
- Conjunto de eventos estocásticos (61 6k eventos)
 - $M_{min}=5.0$
 - 5 ordenadas espectrales por evento



Generación de catálogos estocásticos



Catálogo histórico
1973 - 2017



Catálogo estocástico
t=45 años

- Clases de vulnerabilidad

País	Código	Calidad	Código de vulnerabilidad
Anguilla	AIA	Buena	VG1
Antigua and Barbuda	ANT	Buena	VG1
Bahamas	BHS	Buena	VG1
Barbados	BRB	Buena	VG1
Bermuda	BMU	Buena	VG1
Cayman Islands	CYM	Buena	VG1
Costa Rica	CRI	Buena	VG1
Guadeloupe	GLP	Buena	VG1
Martinique	MTQ	Buena	VG1
Panamá	PAN	Buena	VG1
Saba - Sint Eustatius	SAB	Buena	VG1
Saint Kitts and Nevis	KNA	Buena	VG1
Sint Marteen	SXM	Buena	VG1
Aruba	ABW	Media	VG2
Bonaire	BON	Media	VG2
British Virgin Islands	VGB	Media	VG2
Curaçao	CUW	Media	VG2
Dominica	DMA	Media	VG2
Dominican Republic	DOM	Media	VG2
El Salvador	SLV	Media	VG2
Grenada	GRD	Media	VG2
Guatemala	GTM	Media	VG2
Honduras	HND	Media	VG2
Puerto Rico	PRI	Media	VG2
Saint Lucia	LCA	Media	VG2
Saint Vincent and the Grenadines	VCT	Media	VG2
Trinidad and Tobago	TTO	Media	VG2
Turks and Caicos Islands	TCA	Media	VG2
Jamaica	JAM	Media	VG2
Belize	BLZ	Baja	VG3
Guyana	GUY	Baja	VG3
Montserrat	MSR	Baja	VG3
Nicaragua	NIC	Baja	VG3
Suriname	SUR	Baja	VG3
Haiti	HTI	Pobre	VG4

- Amplia investigación sobre el tipo de inmuebles a nivel nacional
- Cuatro clases para considerar el nivel de vulnerabilidad relativa

Código de vulnerabilidad	Descripción
VG1	Buena calidad de los inmuebles
VG2	Calidad media de los inmuebles
VG3	Baja calidad de los inmuebles
VG4	Mala calidad de los inmuebles

- Clases de vulnerabilidad: ejemplos



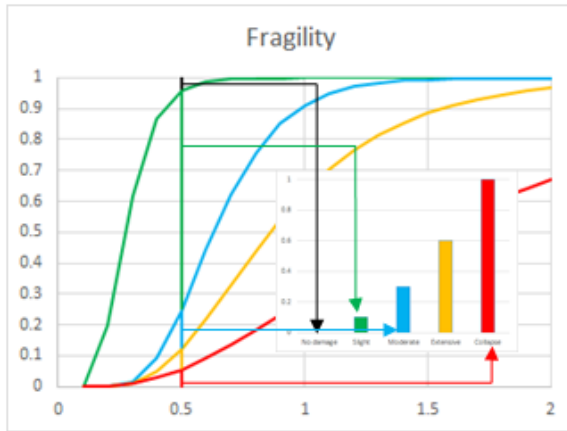
Ejemplos de construcciones en Anguila (VG1 – Buena calidad)



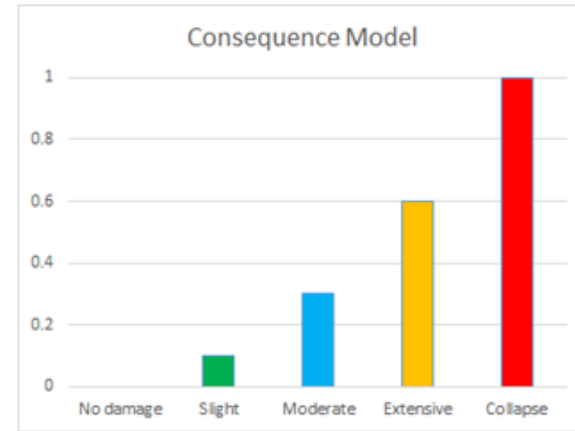
Ejemplos de construcciones en Haití (VG4 – Mala calidad)

- Metodología
 - Enfoque analítico
 - Para cada clase de edificio:
 1. Definición de la curva de capacidad media (junto con un conjunto de coeficientes de variación)
 2. Desarrollo de una cartera edificios sintéticos y cálculo de 100 curvas de capacidad basadas en un conjunto de registros de movimientos del terreno
 3. Selección de registros
 4. Distribución de daño vs intensidad del movimiento del suelo (IM) calculada
 5. Derivación de conjuntos de funciones de fragilidad ajustadas a estas distribuciones
 6. Cálculo de funciones de vulnerabilidad utilizando un modelo ad-hoc de daños-pérdidas

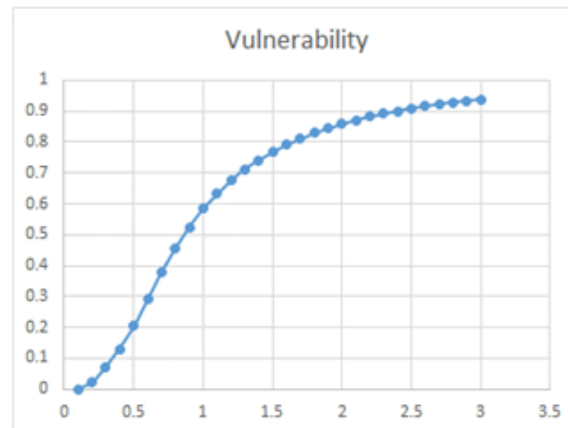
- Metodología



+



=



Aceleración espectral utilizada como medida de intensidad del movimiento del suelo

Base de datos de consecuencias: pérdidas reportadas

Se recopiló una base de datos de consecuencias de 25 eventos a escala nacional, que abarcaba desde 1907, la cual se formó a partir de varias bases de datos de catástrofes (EM-DAT) y Desinventar, la base de datos de consecuencias de sismos (GEMECD), organismos internacionales (CEPAL) y compañías de seguros/reaseguradoras (MunichRe, SwissRe, AON).

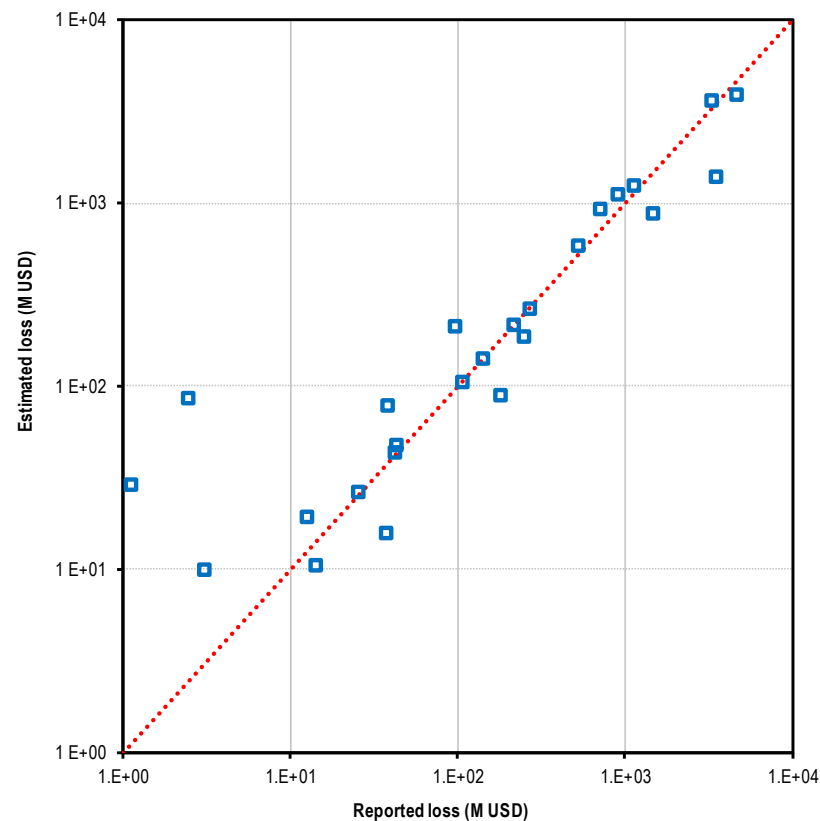
Limitaciones de las pérdidas reportadas:

- Actualizada a USD de 2015
- Incertidumbre: Diferentes fuentes presentan valores muy diferentes
- ¿Qué incluyen los valores reportados? ¿Interrupción de negocio, contenidos, ...?

Se ha seleccionado y justificado un valor preferente para compararlo con las pérdidas obtenidas con SPHERA

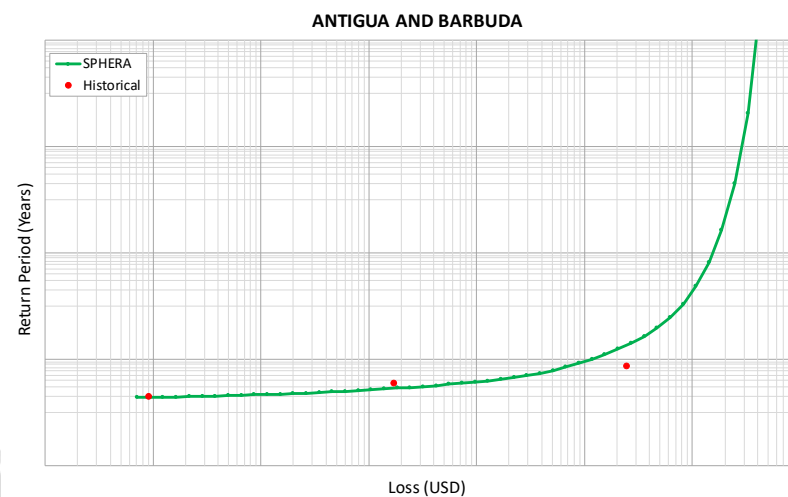
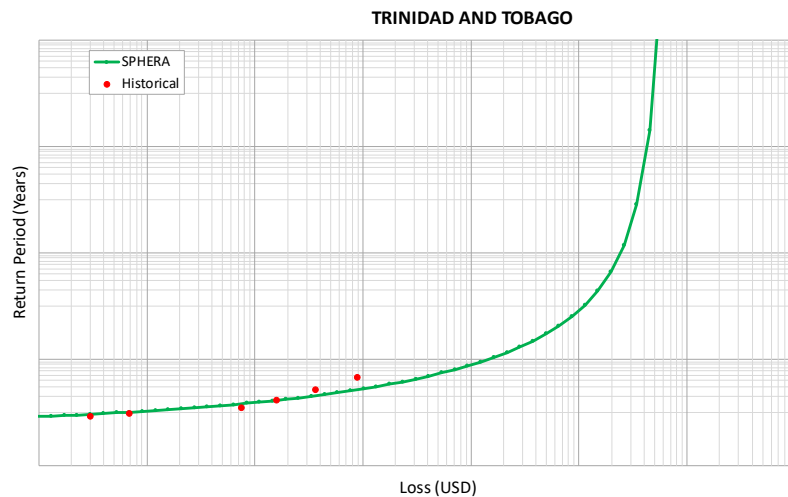
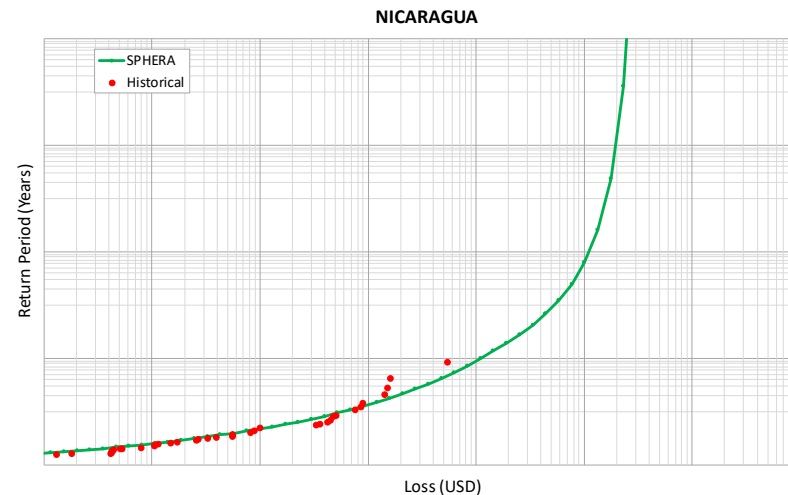
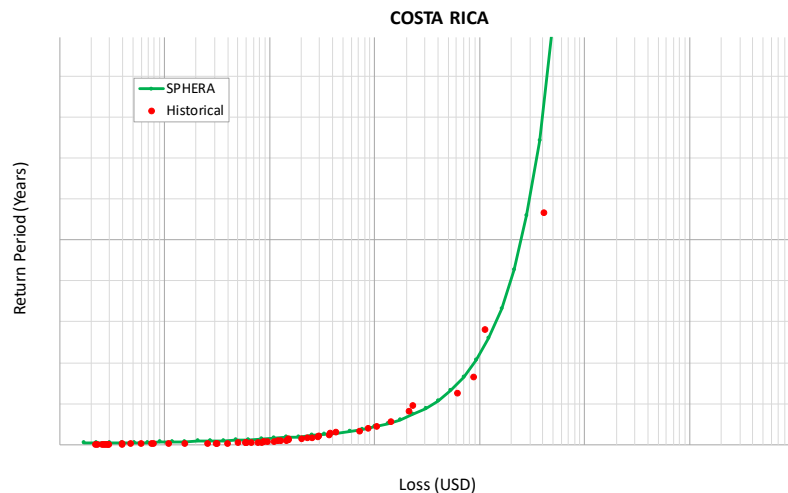
Base de datos de consecuencias. Pérdidas reportadas: 25 eventos con datos a nivel de país

Date (YY/MM/DD)	M _w	Depth (km)	Country	SPHERA losses (M USD)	Reported losses (M USD)
1907/01/14	6.5	25	Jamaica	915	715
1931/03/31	6.1	15	Nicaragua	581	524
1951/05/06	6.2	10	El Salvador	214	215
1952/10/27	6.2	25	Haiti	89	180
1965/05/03	5.9	15	El Salvador	265	267
1968/01/04	4.8	5	Nicaragua	10	14
1972/12/23	6.3	10	Nicaragua	1,373	3,471
1973/04/14	6.5	33	Costa Rica	29	1
1976/02/04	7.5	25	Guatemala	3,596	3,307
1982/06/19	7.3	50	Guatemala	19	13
1983/04/03	6.8	20	Costa Rica	86	2
1986/10/10	5.7	7	El Salvador	872	1,478
1990/12/22	6.0	15	Costa Rica	78	38
1991/04/22	7.6	10	Costa Rica	1,108	902
1992/09/02	7.6	30	Nicaragua	48	43
1997/04/22	5.9	25	Trinidad and Tobago	16	37
2001/01/13	7.7	56	El Salvador	1,246	1,141
2001/02/13	6.6	20	El Salvador	185	251
2009/01/08	6.2	20	Costa Rica	141	141
2009/05/28	7.3	20	Honduras	43	42
2010/01/12	7.0	13	Haiti	3,902	4,661
2012/09/05	7.6	30	Costa Rica	209	97
2012/11/07	7.4	21	Guatemala	105	107
2014/04/10	6.1	10	Nicaragua	10	3
2014/07/07	6.9	53	Guatemala	26	25



Histórico vs. eventos estocásticos


Eventos históricos con $M \geq 5$ a nivel país

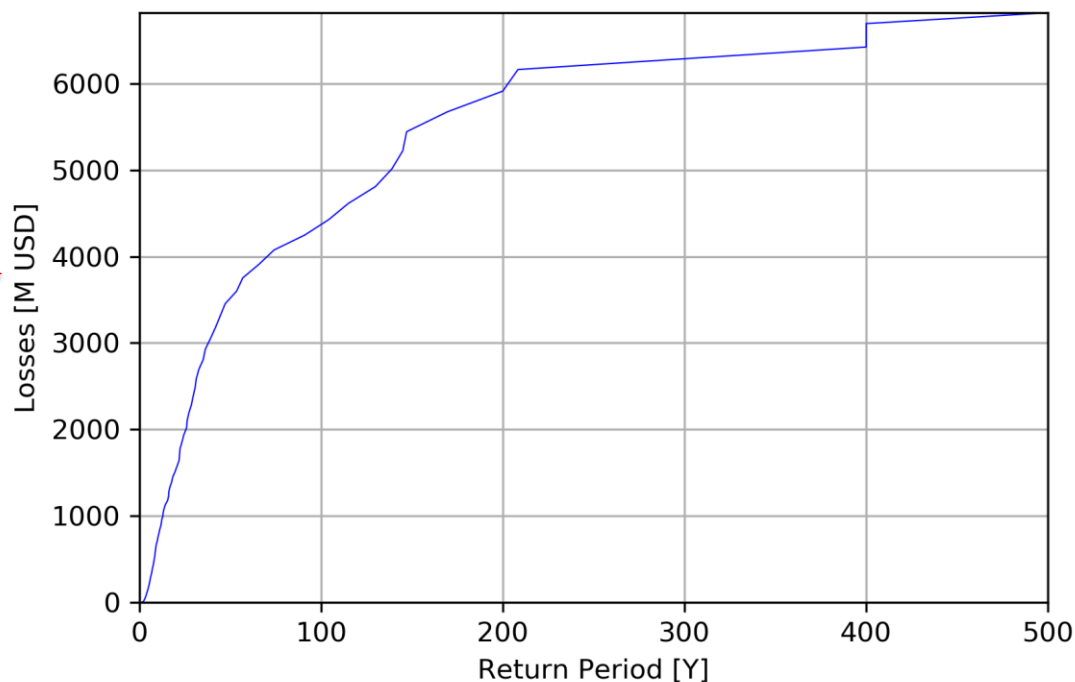


SPHERA cálculo de pérdidas y esquema de seguro

System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment

- Evaluación de riesgo:
 - Estimar la probabilidad de pérdidas que superen un umbral
 - Ejemplo: Curva de probabilidad de excedencia

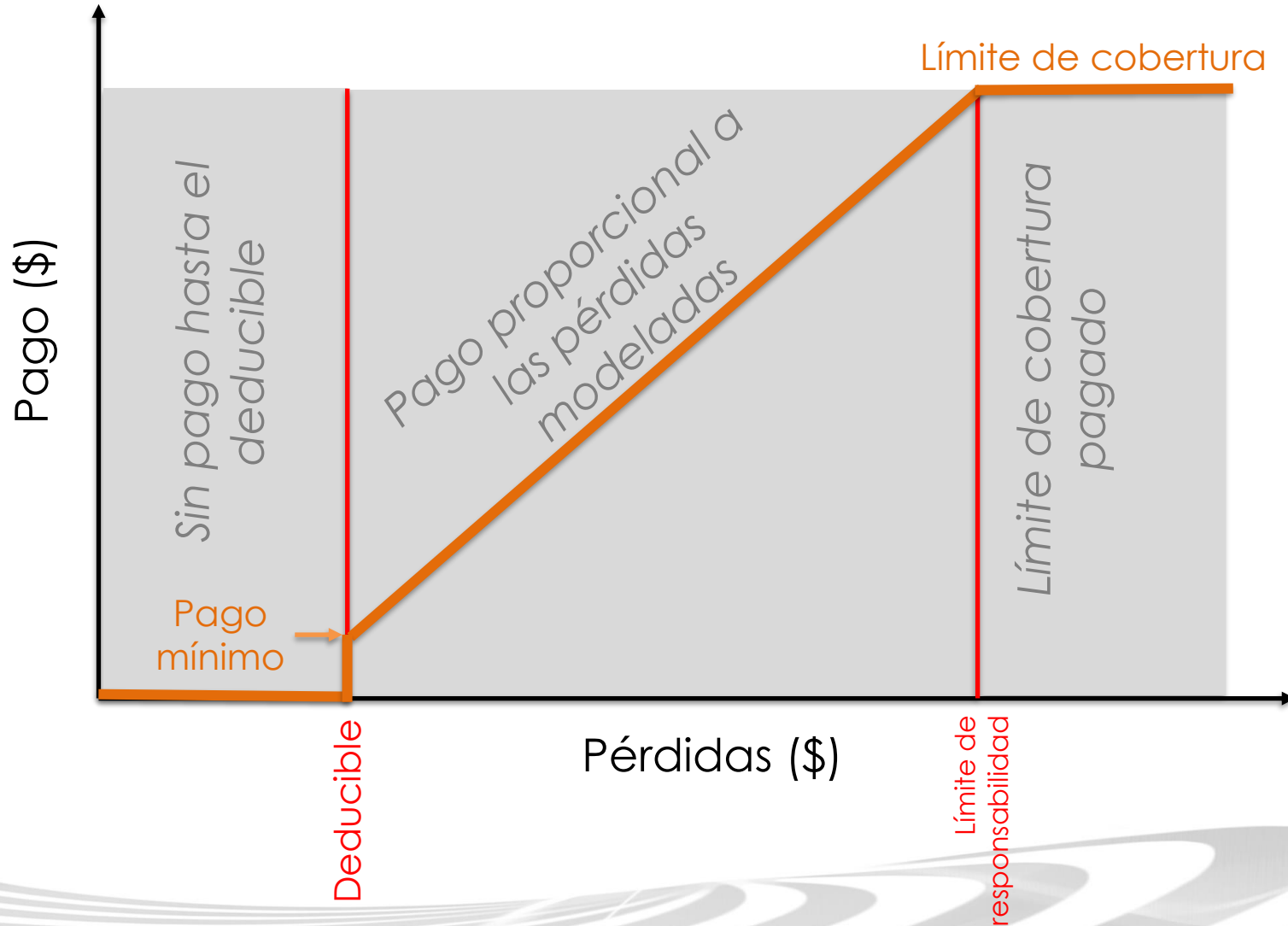
Pérdidas:  calculado por el modelo, dependiendo del peligro, la vulnerabilidad y la exposición



Periodo de retorno:
Tiempo promedio
estimado entre
eventos

Esquema de seguro

- Póliza de seguros



SPHERA funcionamiento en tiempo real

System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment

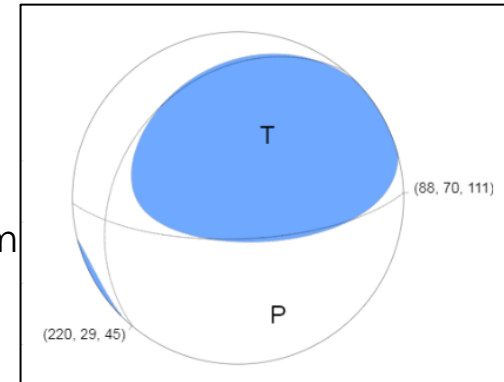
Funcionamiento post-evento (o quasi tiempo-real)

1 – Sismo reportado en USGS

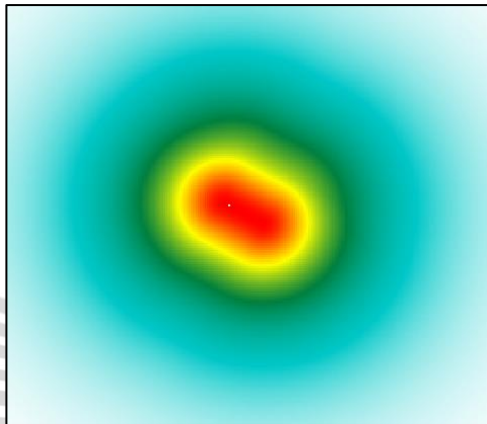


2 – USGS reporta magnitud, profundidad y momento tensor

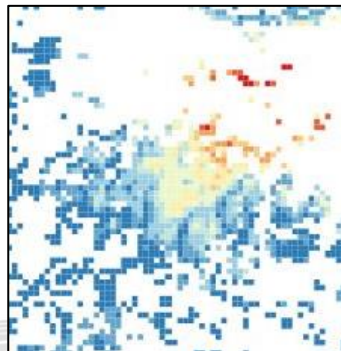
M=7.3
10.773° N
62.902° W
Depth=146.8km



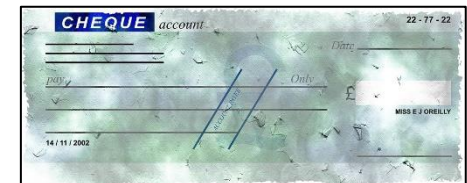
3 – El agente de cálculo del CCRIF ejecuta SPHERA utilizando los parámetros USGS como entrada



4 - SPHERA produce estimaciones de las intensidades del movimiento del suelo y las pérdidas económicas



5 – Dados los parámetros de la póliza del país, si las pérdidas están por encima del deducible, se calcula un pago



Actualizaciones del modelo 2023

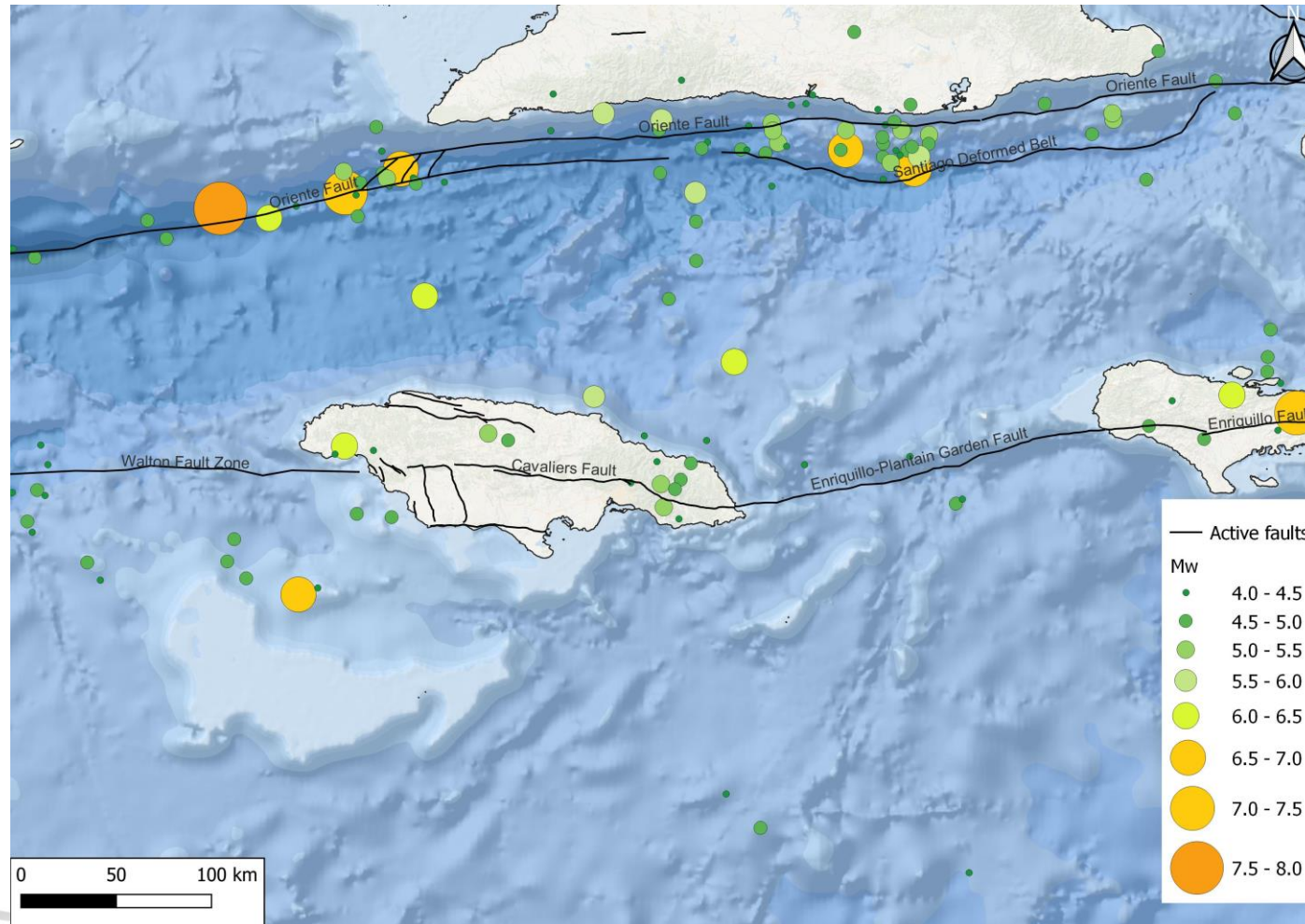
System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment

Actualizaciones 2023

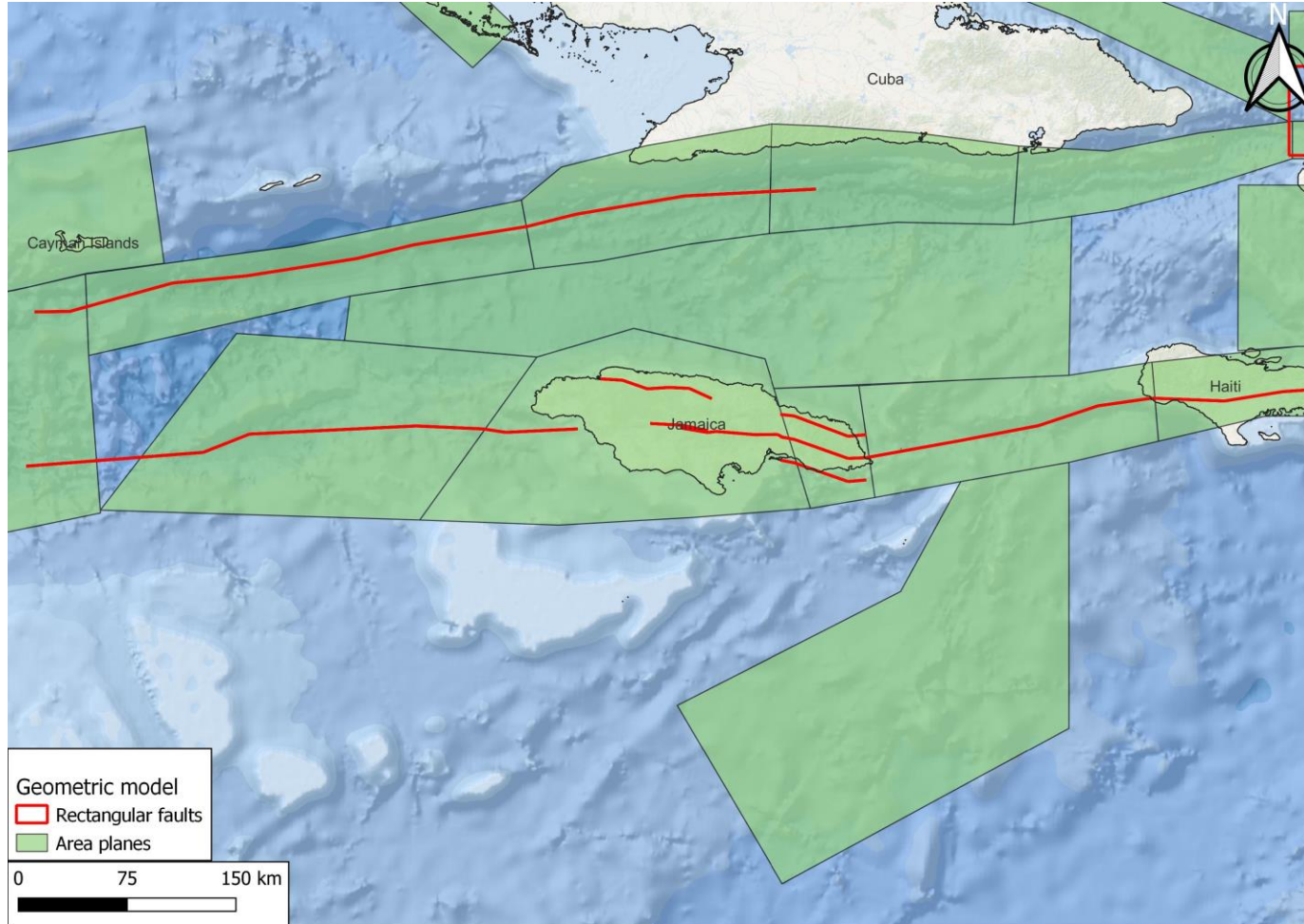
PSHA actualizado para Jamaica, Haití y las Islas Caimán

Revisión de la clasificación de la vulnerabilidad de Jamaica

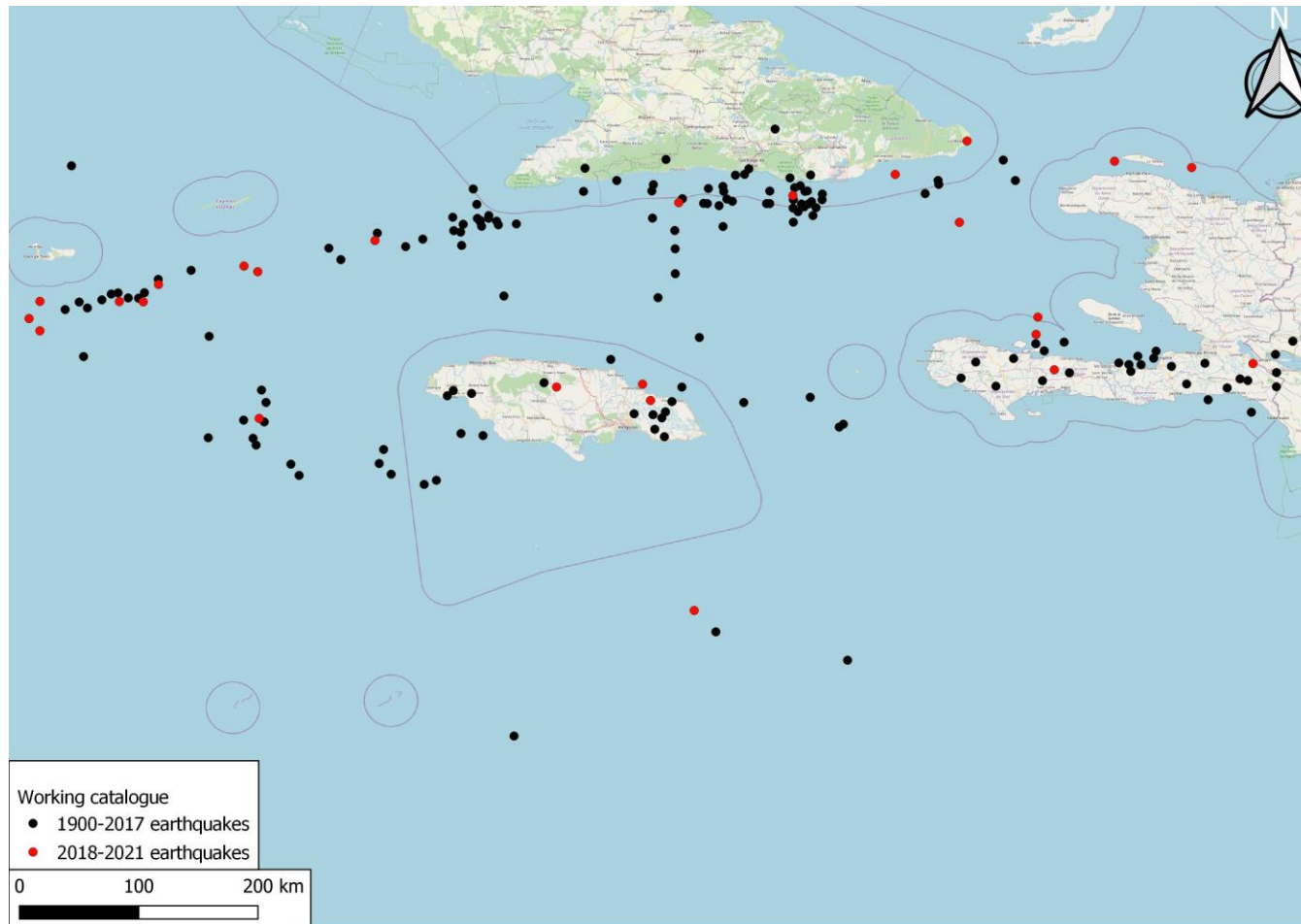
- Las fallas mapeadas y su actividad se incluyeron en el modelo actualizado



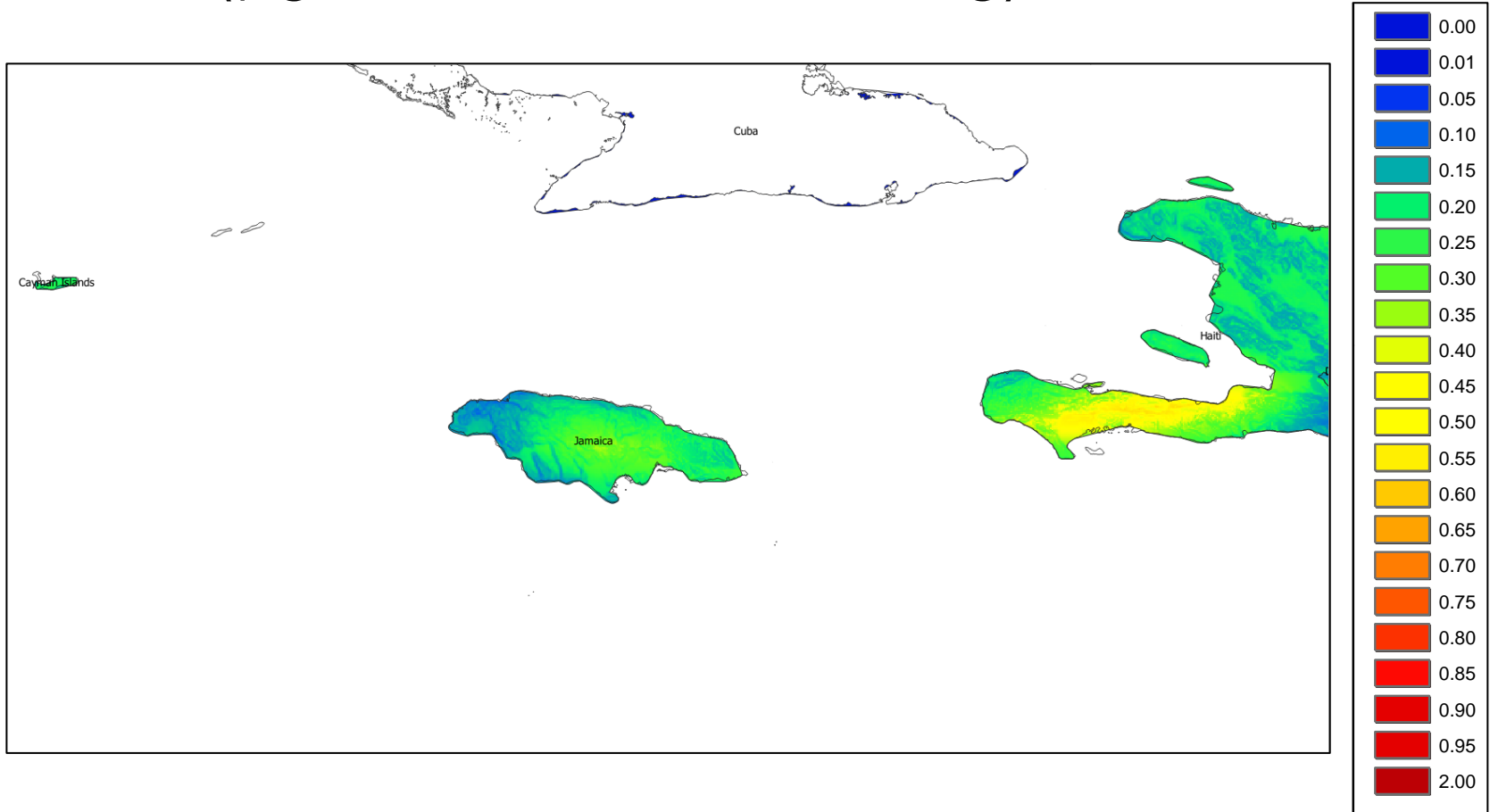
- Nuevas fuentes sismogénicas



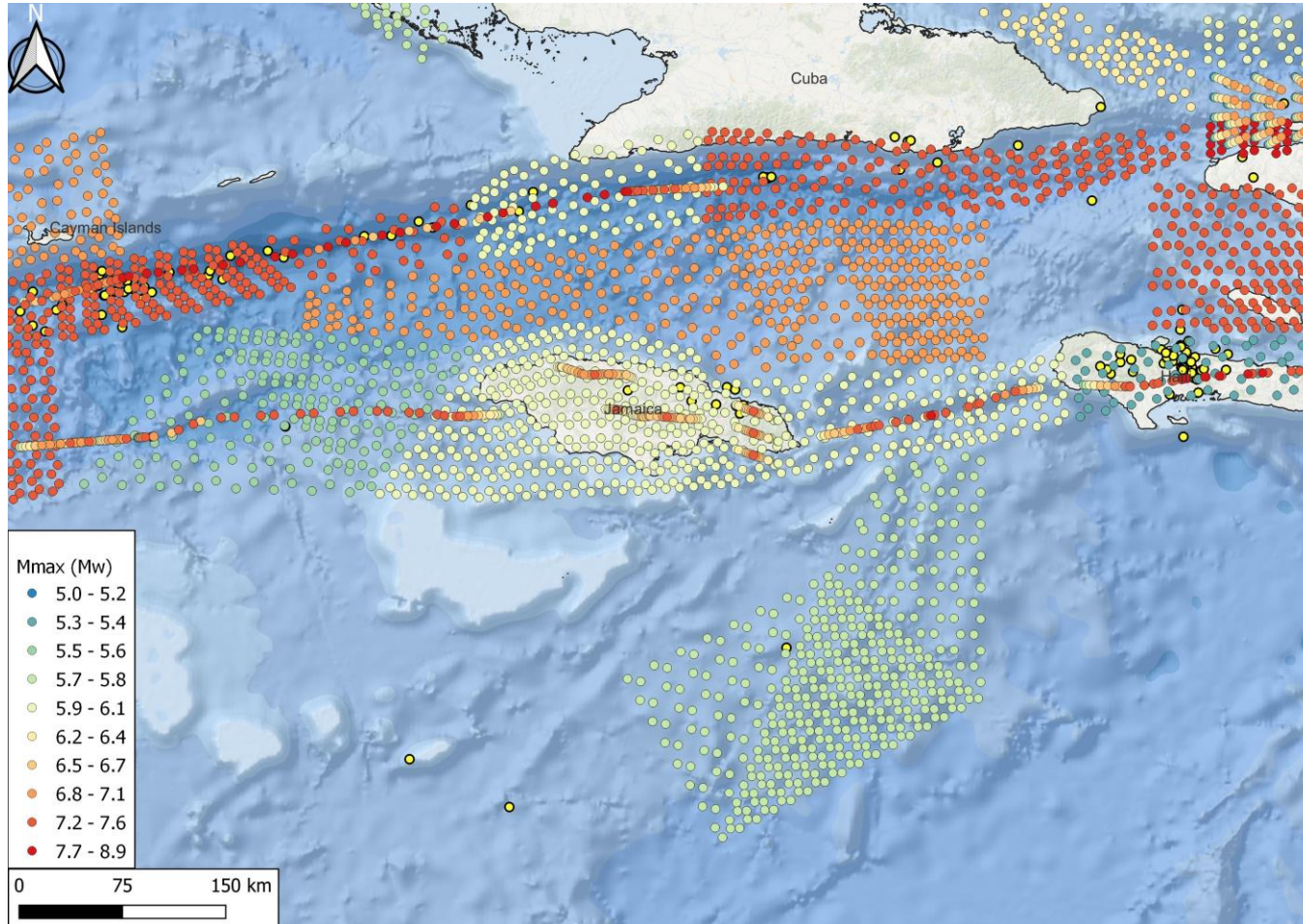
- Catálogo sísmico actualizado (hasta diciembre 2021)



- Valores de peligro actualizados para el área de estudio (pga – 475 años en suelo – g)



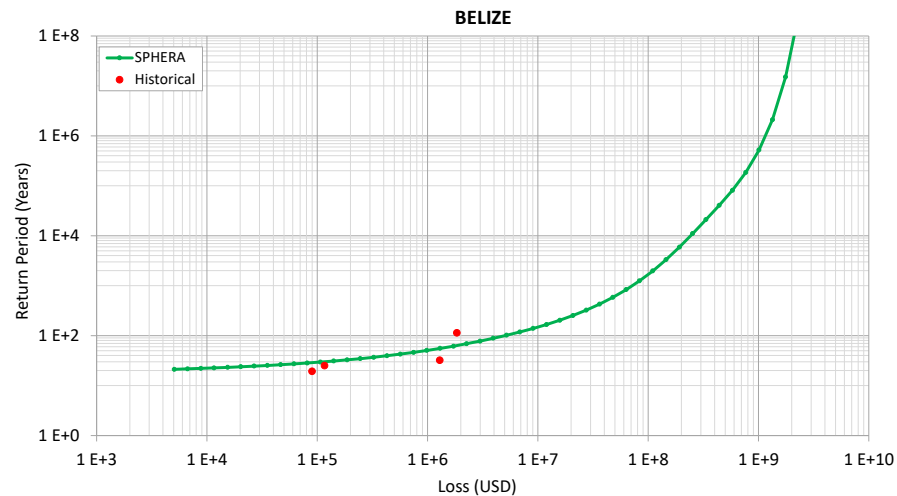
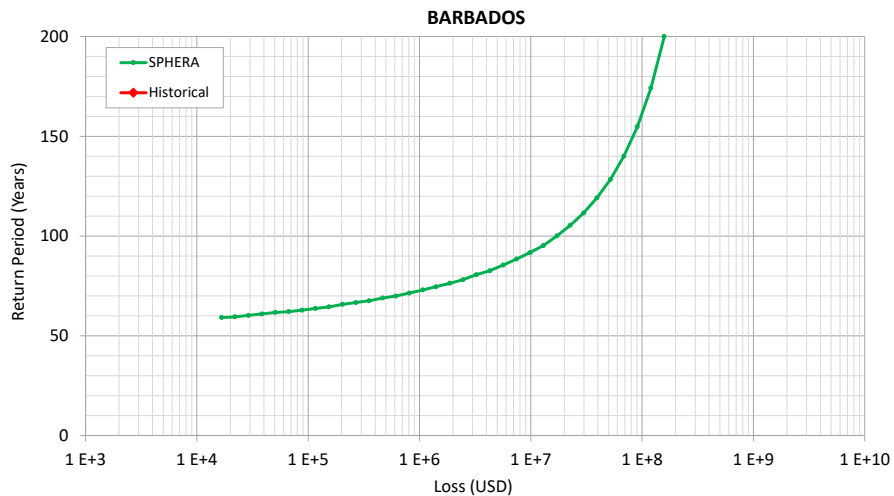
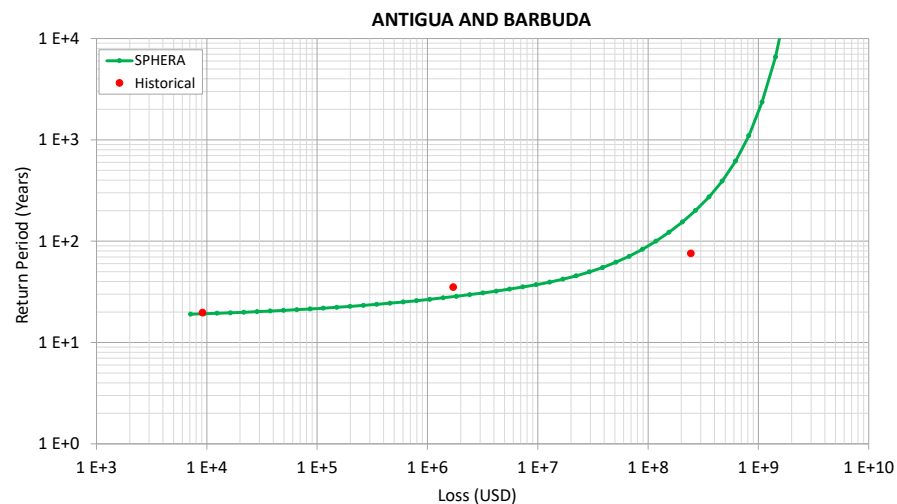
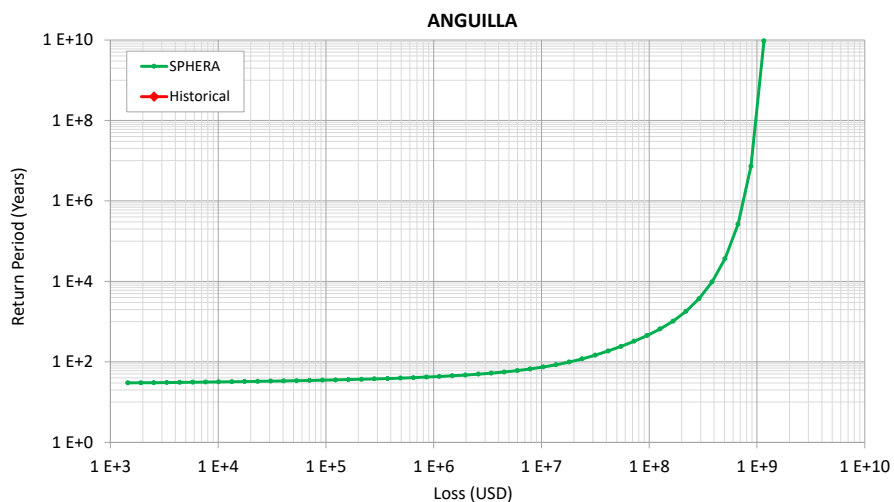
- Nuevo conjunto de eventos estocásticos para el área actualizada



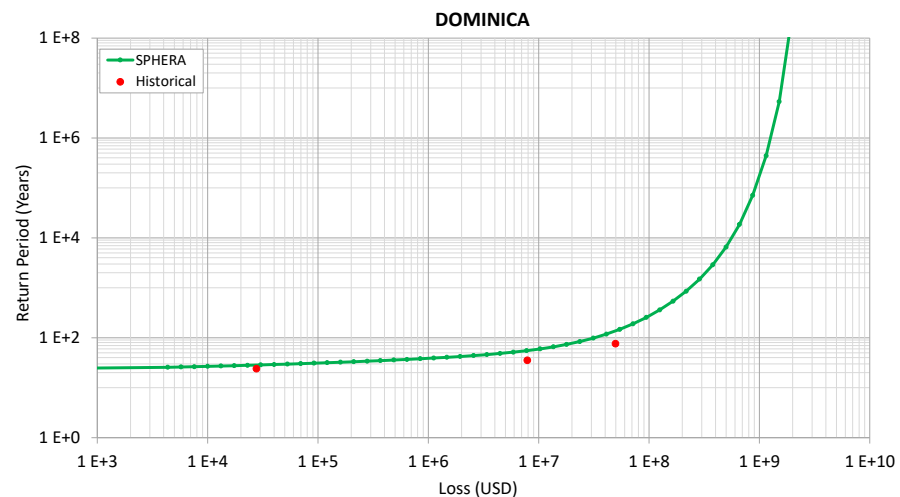
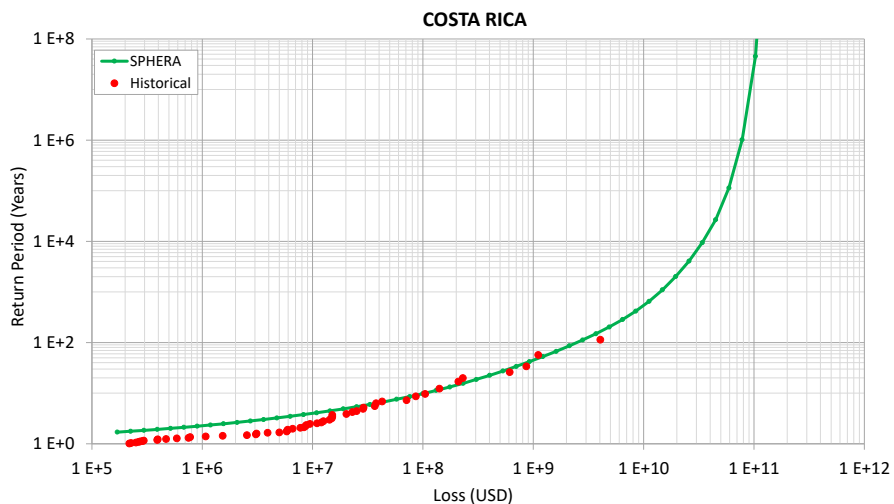
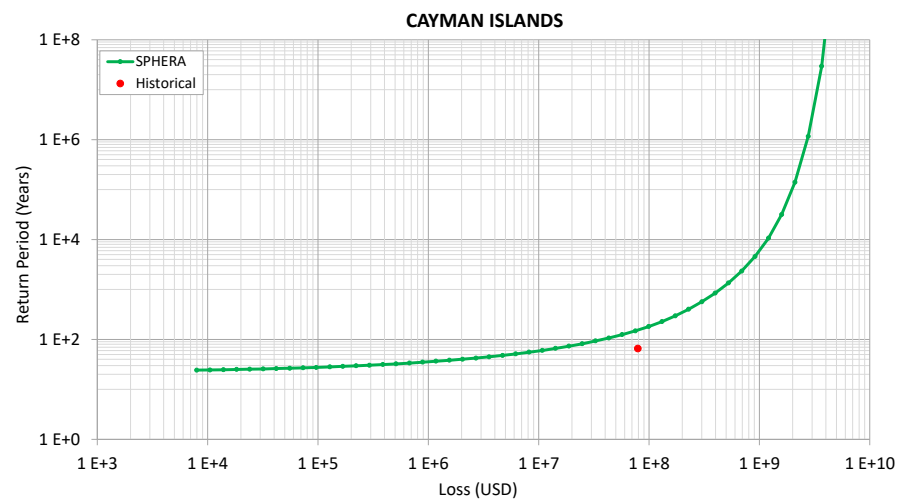
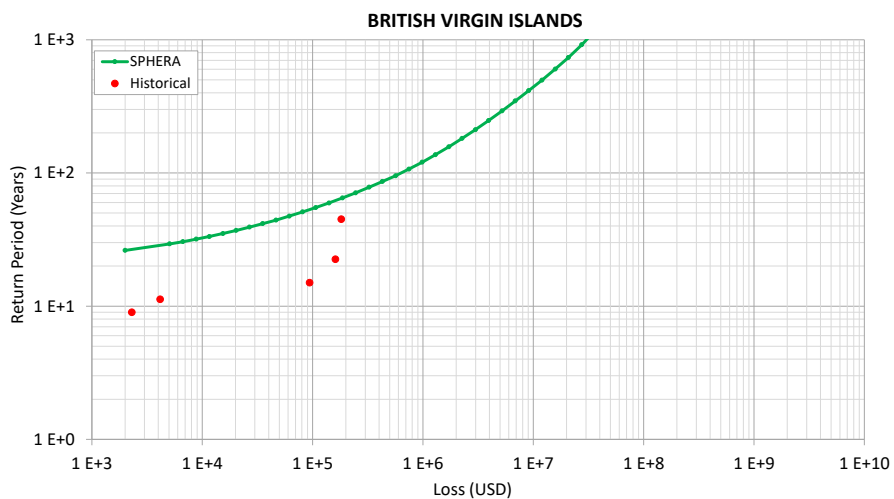
Curvas de excedencia de pérdida (EP) por país

System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment

Curvas de EP por sismo

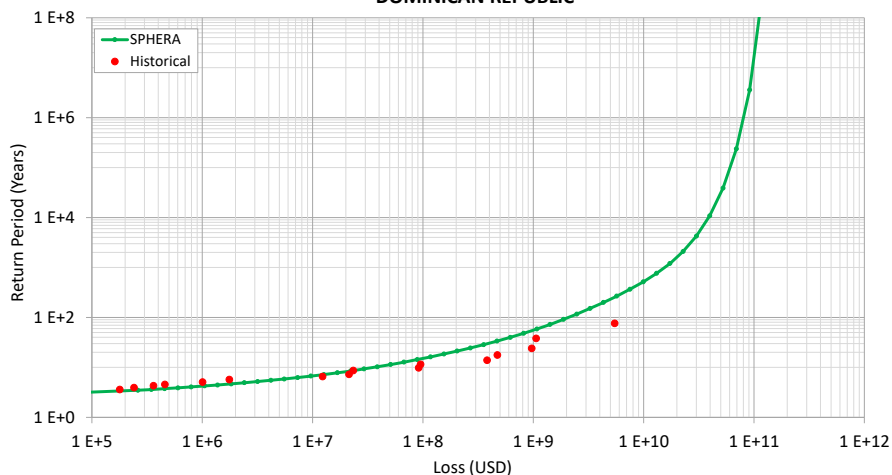


Curvas de EP por sismo

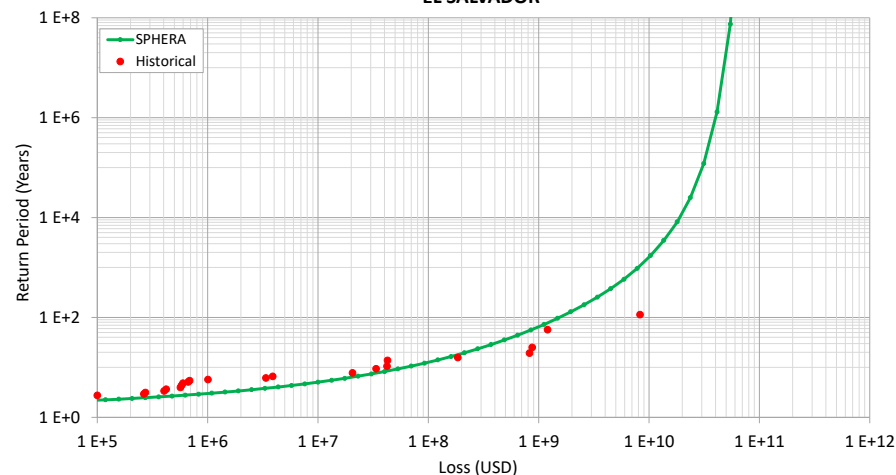


Curvas de EP por sismo

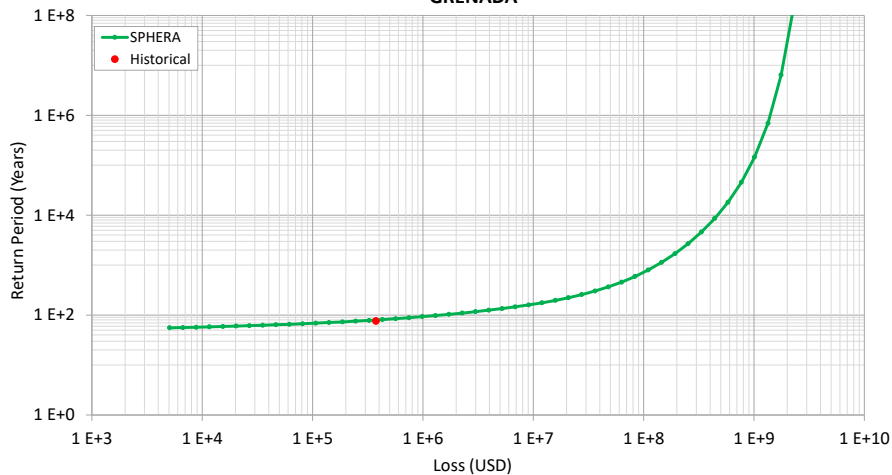
DOMINICAN REPUBLIC



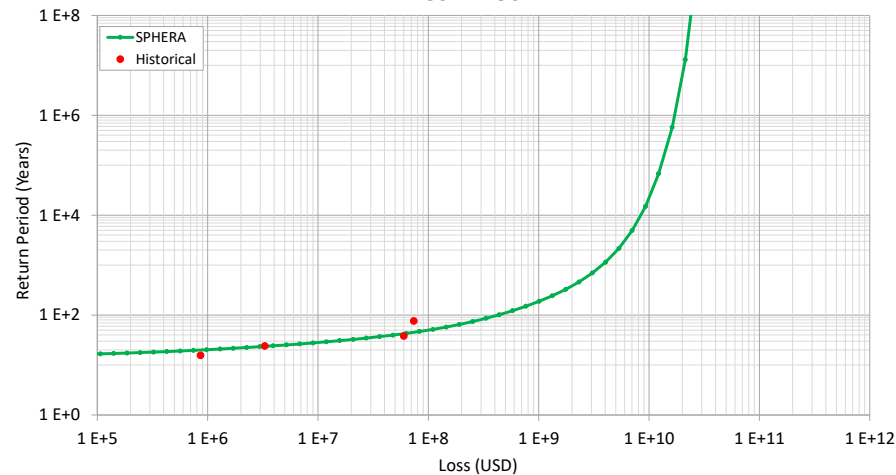
EL SALVADOR



GRENADA

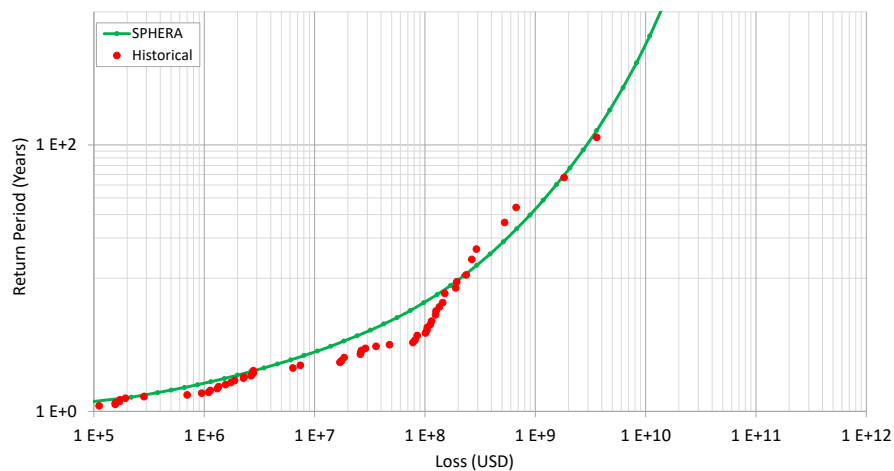


GADELOUPE

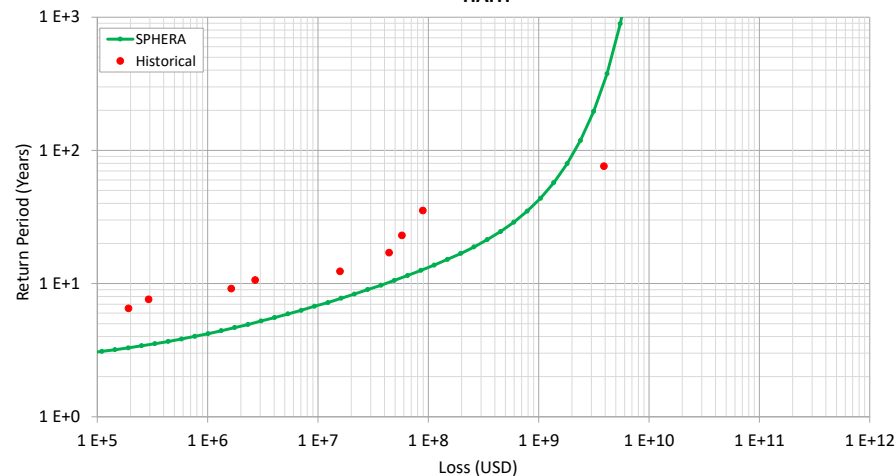


Curvas de EP por sismo

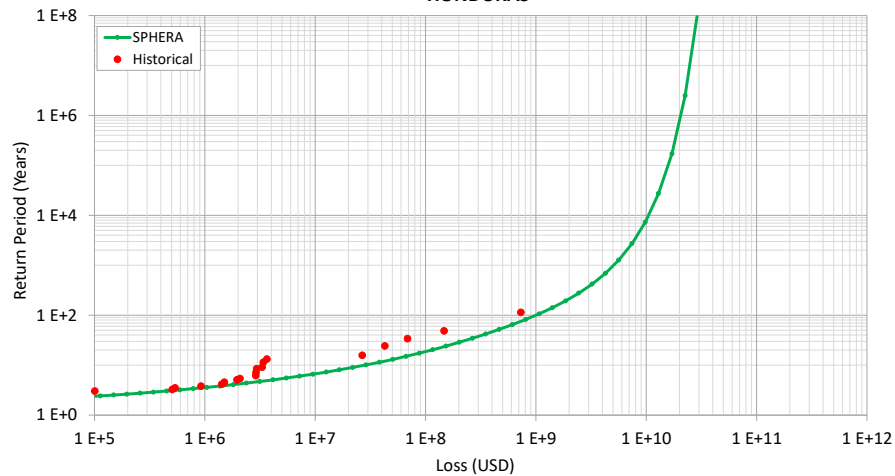
GUATEMALA



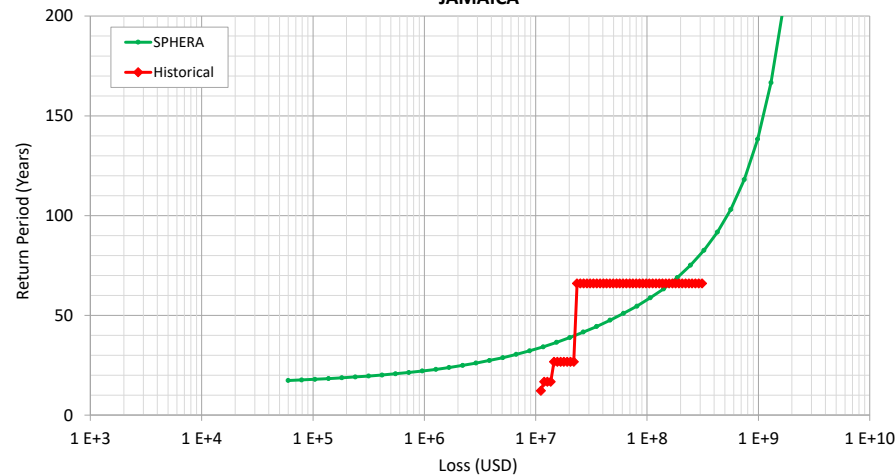
HAITI



HONDURAS

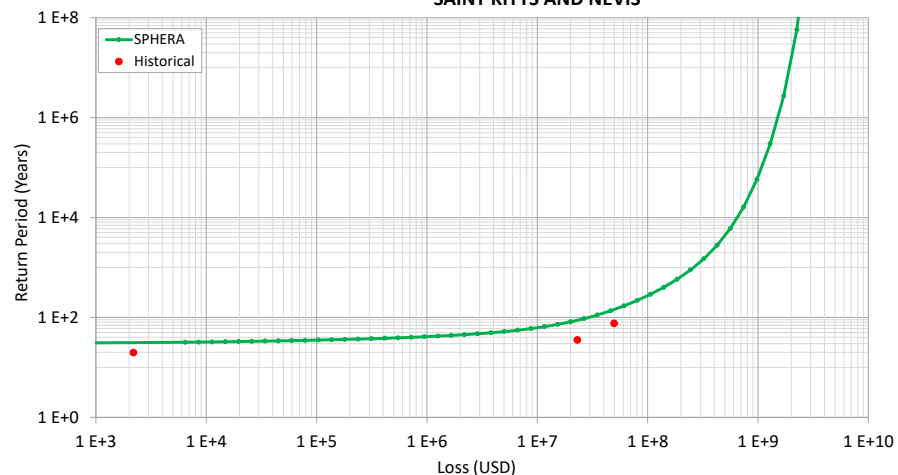


JAMAICA

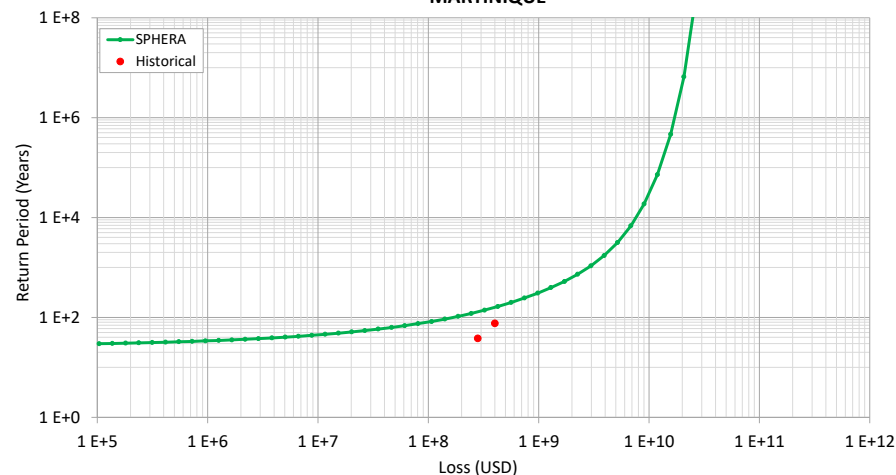


Curvas de EP por sismo

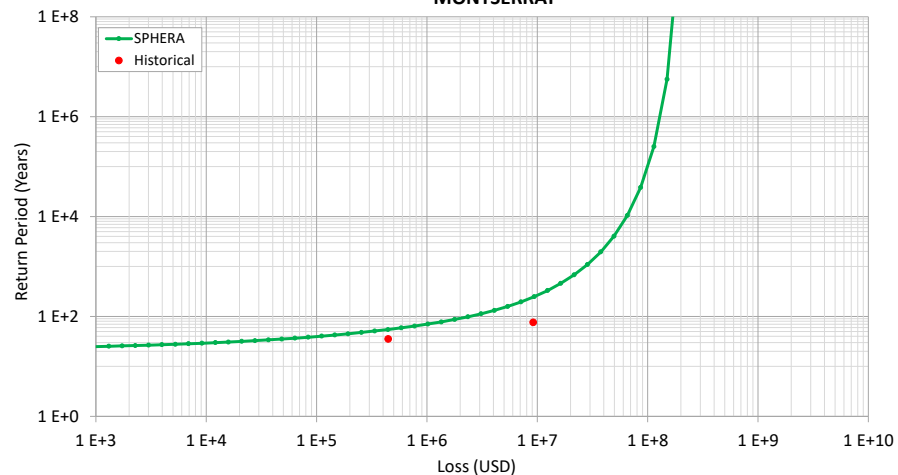
SAINT KITTS AND NEVIS



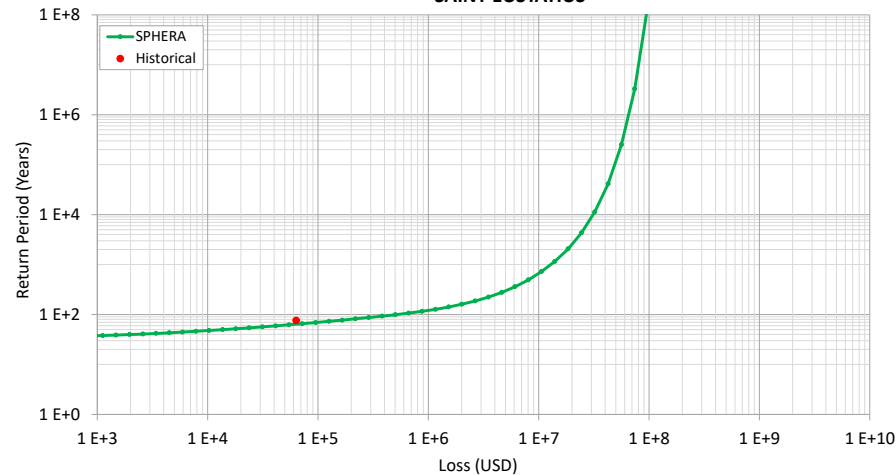
MARTINIQUE



MONTSERRAT

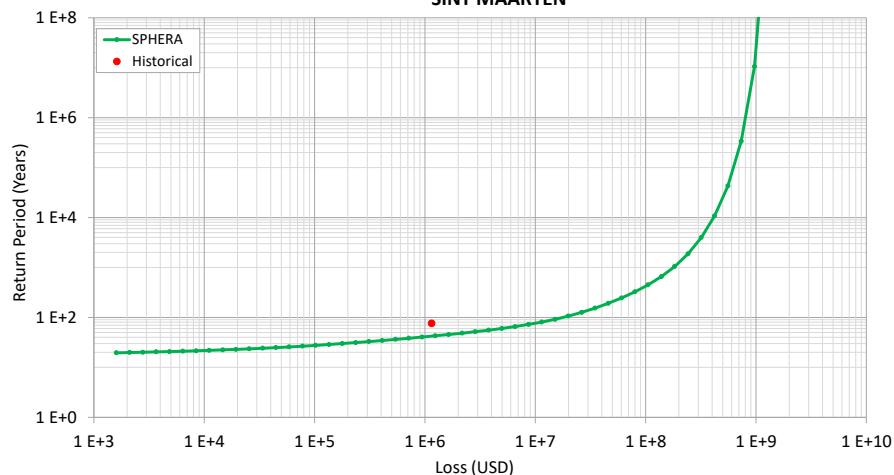


SAINT EUSTATIUS

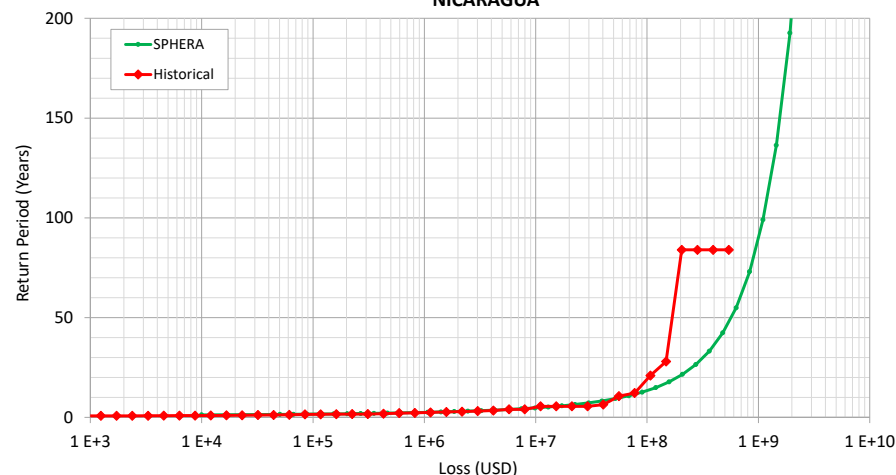


Curvas de EP por sismo

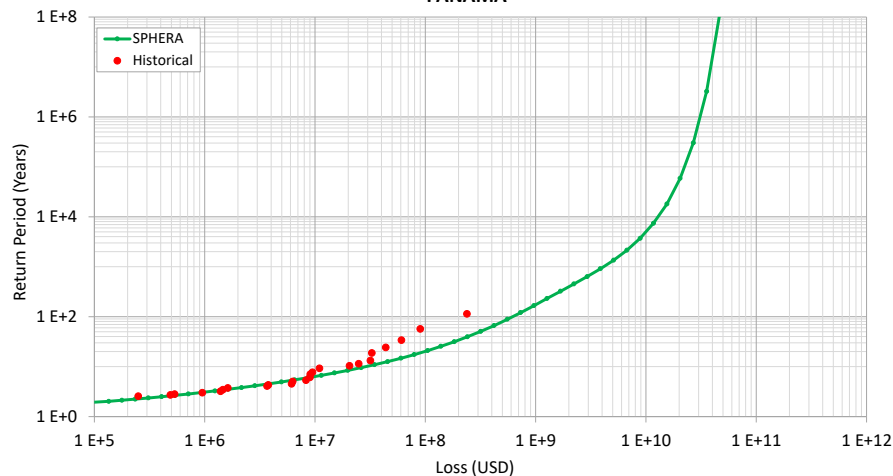
SINT MAARTEN



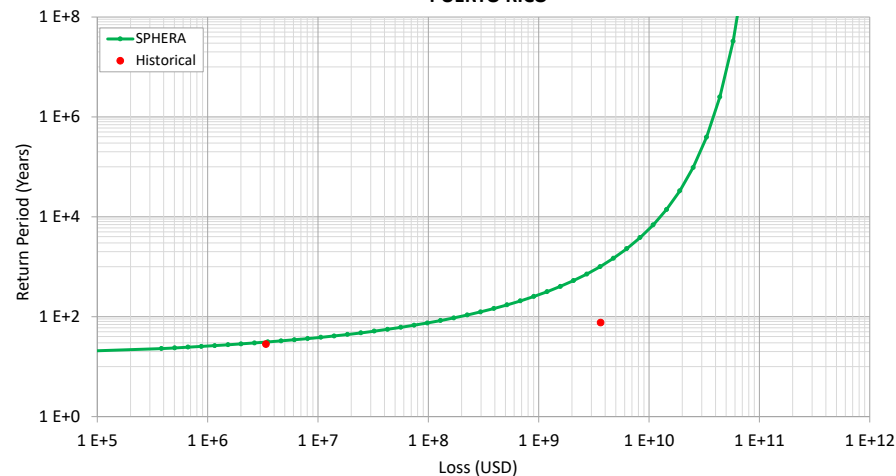
NICARAGUA



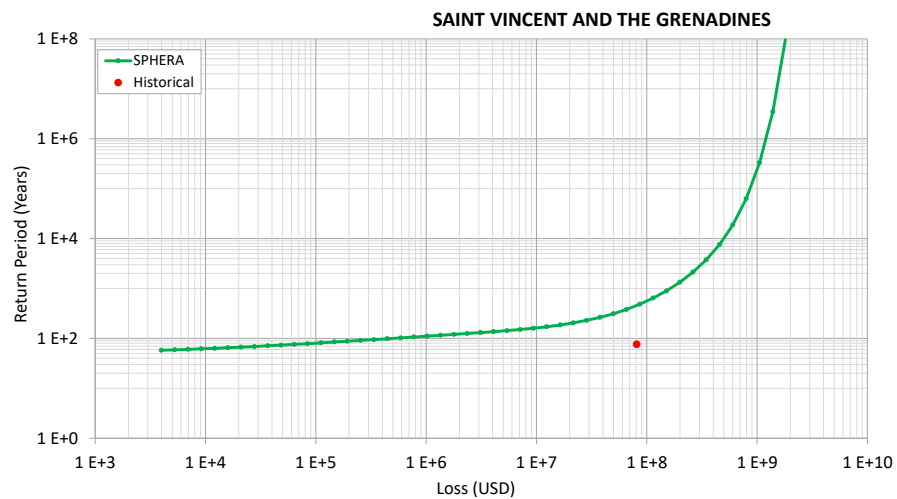
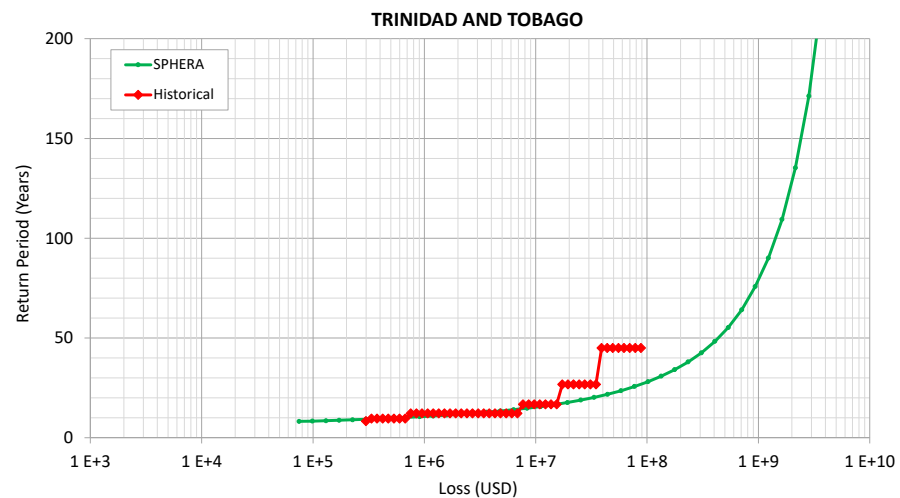
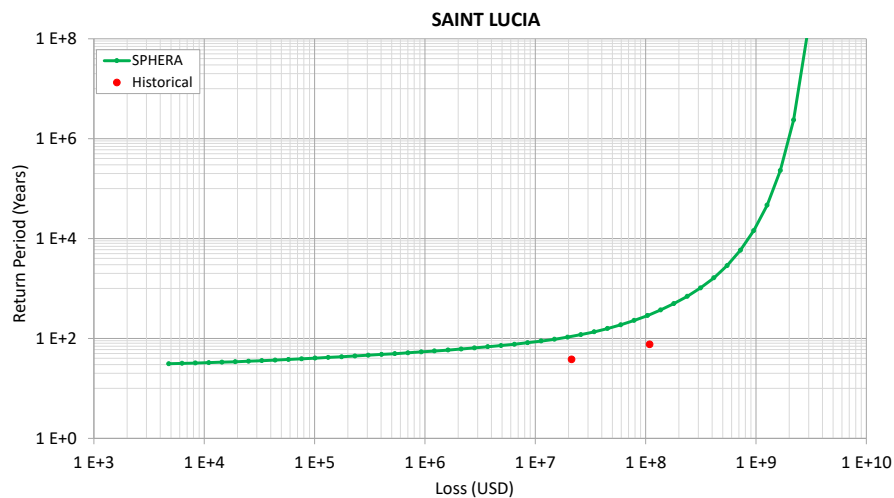
PANAMA



PUERTO RICO



Curvas de EP por sismo



El equipo RED & ERN

¡Gracias por su atención!