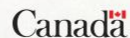




# Taller Técnico Regional para Centroamérica sobre Financiamiento de Riesgos de Desastres y Seguro Paramétrico del CCRIF

## Modelo de riesgo SPHERA para Ciclón Tropical



- Zona geográfica
- Introducción
- Exposición
- Amenaza
- Vulnerabilidad
- Cálculo de pérdidas y esquema de seguro
- Funcionamiento en tiempo real
- Actualizaciones 2023

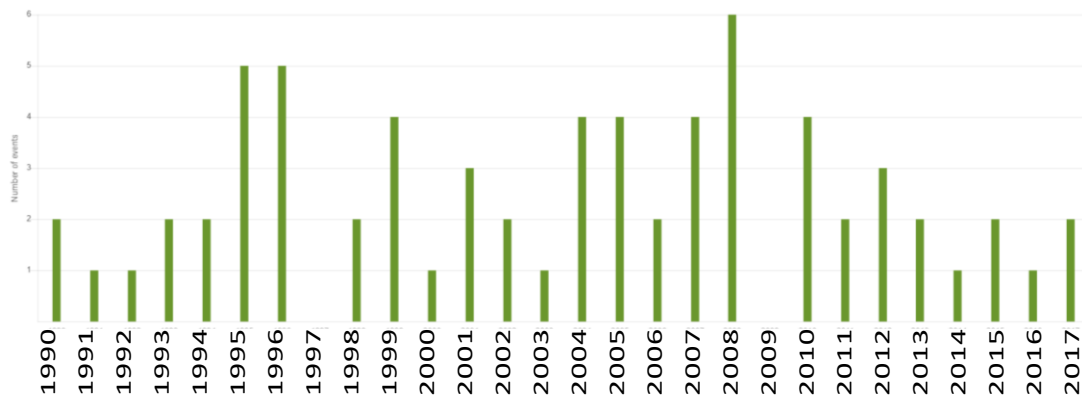
# Zona geográfica

- Caribe y Centroamérica



- Ciclones tropicales en el Caribe

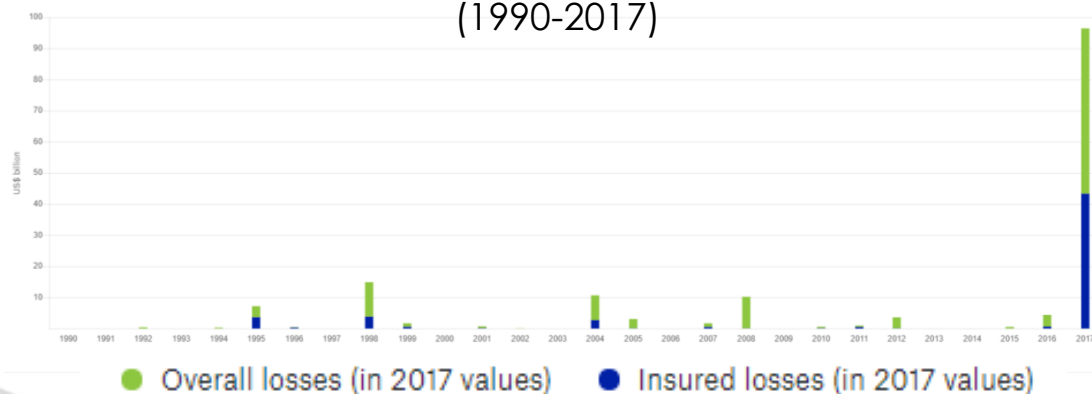
Número de ciclones tropicales en el Caribe (1990-2017)



Panorama geográfico de los ciclones tropicales en el Caribe (1990-2017)



Pérdidas por ciclón tropical en el Caribe (1990-2017)



# Introducción

- Recientes catástrofes naturales han causado grandes daños en el Caribe
  - 2019: TC Dorian
  - 2017: TC Irma y María
  - 2016: TC Earl, Matthew y Otto
  - 2015: TC Erika
  - 2014: TC Gonzalo
  - 2010: Sismo en Haití
  - ...
- **Disponer de dinero** es primordial para poner en marcha las operaciones de socorro y recuperación



Huracán Irma 2017



Sismo Haiti 2010

# Introducción

- El seguro paramétrico puede proporcionar un ingreso económico adicional a los países afectados por catástrofes
- El CCRIF ha sido pionero en el campo de seguros paramétricos soberanos contra pérdidas por ciclones tropicales y sismos

**ARTEMIS**  
www.artemis.bm  
TRANSPARENT SETTLEMENT  
Catastrophe bonds, insurance linked securities, reinsurance capital & investment, re

home News Deal Directory MarketView Library Events Catastrophes Indices

**CCRIF parametric pa**  
**\$31.2m**

20TH SEPTEMBER 2017 - AUTHOR

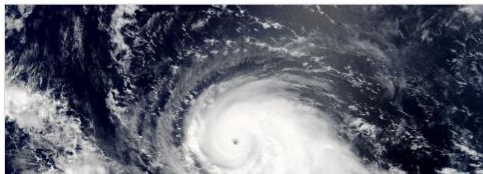
The CCRIF SPC (formerly the C announced that its payouts m hurricane Irma will reach \$31. payouts to members since its

**Captive.com**  
IRMI

HOME CAPTIVE WIRE ART MARKET PRODUCTS

## Captive Insurance News

### Hurricane Irma CCRIF Parametric Payouts Total \$31.2 Million



**INSURANCE JOURNAL**

Nationwide Job Cuts in Iowa  
Vatican Sex Abuse Law

News Markets

Front Page News Magazines Research Direct

**Cat Facility CCRIF to Pay 6 Caribbean Nat**  
**\$29.6M for Hurricane Irma Damage**

September 13, 2017

Email This Subscribe to Newsletter

Cayman Islands-based CCRIF (formerly the Facility) will make payments totaling US\$29.

**reliefweb** LABS BLOG MOBILE ABOUT US HELP

HOME UPDATES COUNTRIES DISASTERS TOPICS ORGANIZATIONS JOBS TRAINING

19 Sep 2017

f t G+ in e

**CCRIF Reaches US\$100 million Milestone in Payouts**



### Haiti to receive US\$20-m tropical cyclone insurance payout

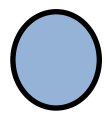
Thursday, October 06, 2016 9 Comments

Like 463 Share Tweet

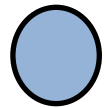


- Modelo de ciclón tropical (TC) para el Caribe y Centroamérica (SPHERA - Sistema de Evaluación Probabilística de Peligros y Evaluación de Riesgos):
  - Para ser utilizado por instituciones a nivel nacional, p.ej. Gobiernos
  - Proporciona pagos en alrededor de dos semanas después del evento
  - Basado en modelos físicos de viento y marea de tormenta
  - Extensa y detallada base de datos de activos expuestos (incluyendo edificios, infraestructura y cultivos)
  - Calibrado contra pérdidas reportadas en eventos históricos de ciclón tropical

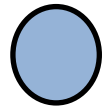
- SPHERA Ciclón Tropical



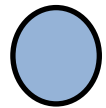
**EXPOSICIÓN**



**AMENAZA**



**VULNERABILIDAD**



**CÁLCULO DE PÉRDIDAS**

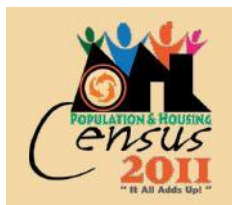


# SPHERA Exposición

System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment

Sistema de Evaluación Probabilística de Peligros y Evaluación de Riesgos

- La base de datos de exposición SPHERA se construye y valida a partir de datos censales a nivel de país, referencias internacionales, informes y bases de datos disponibles públicamente, así como imágenes satelitales



World Housing Encyclopedia  
*an Encyclopedia of Housing Construction in Seismically Active Areas of the World*

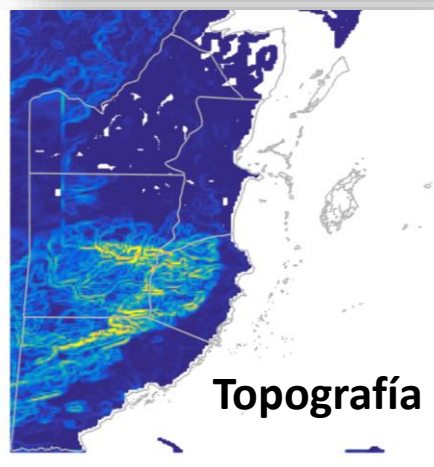
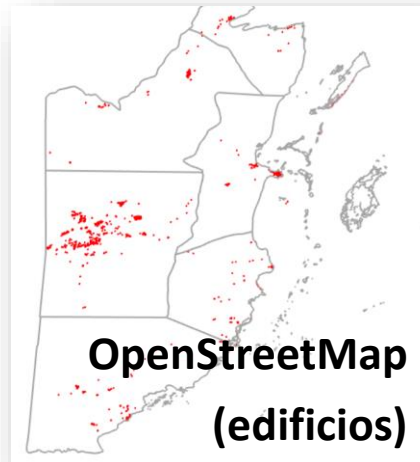
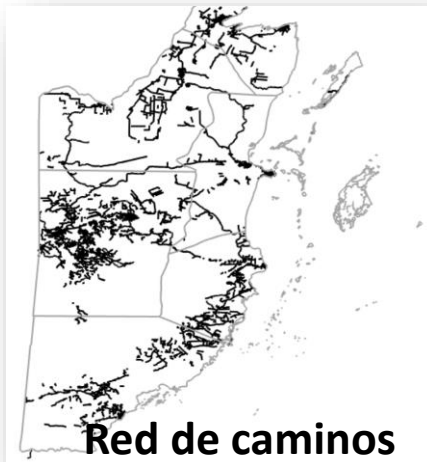
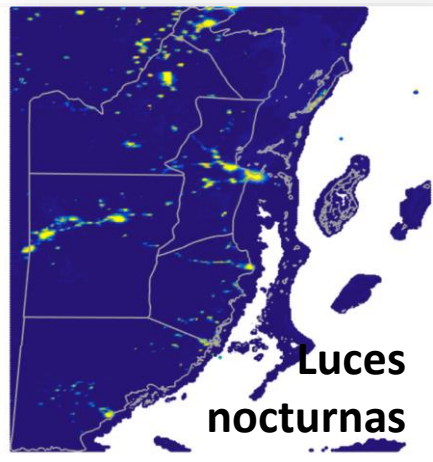


CIEDILAS

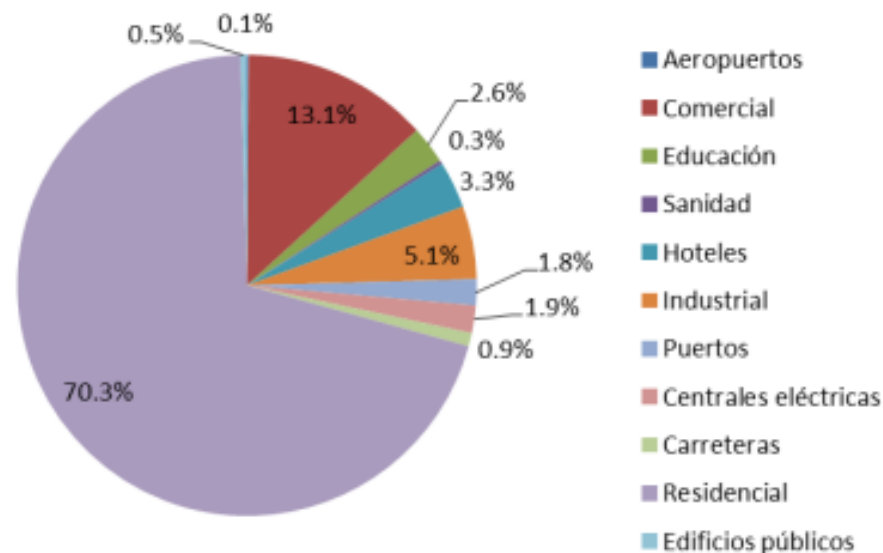


FEMA

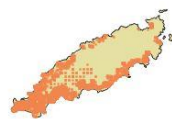
- El desarrollo del modelo se basó en un gran número de conjuntos de datos como:



- 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

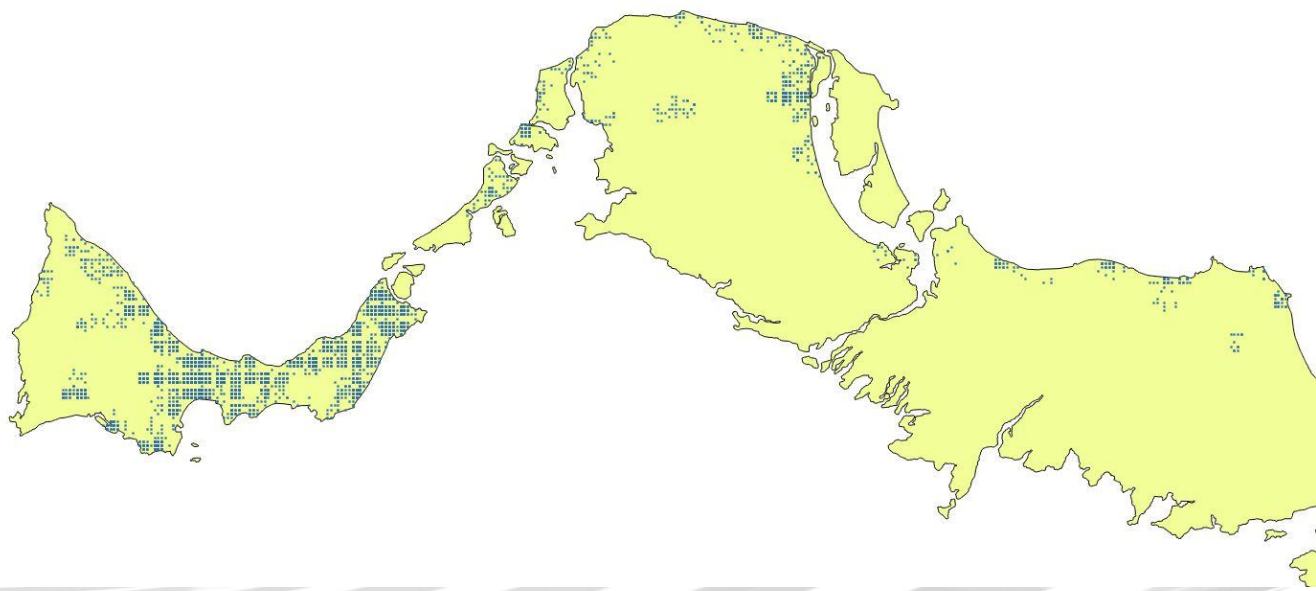
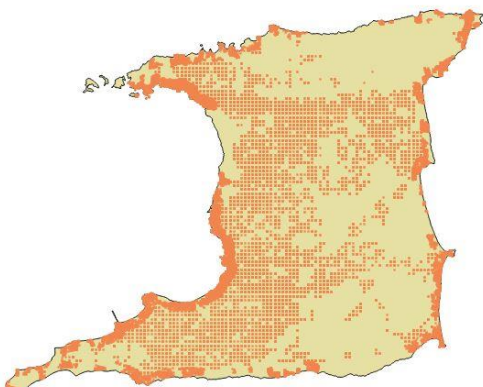


- Resolución de 1x1 km para áreas internas
- 100x100m o 200x200m (dependiendo de la información disponible) para zonas costeras



Ejemplo: Trinidad y Tobago

Ejemplo: Turks y Caicos



# SPHERA Amenaza por Ciclón Tropical

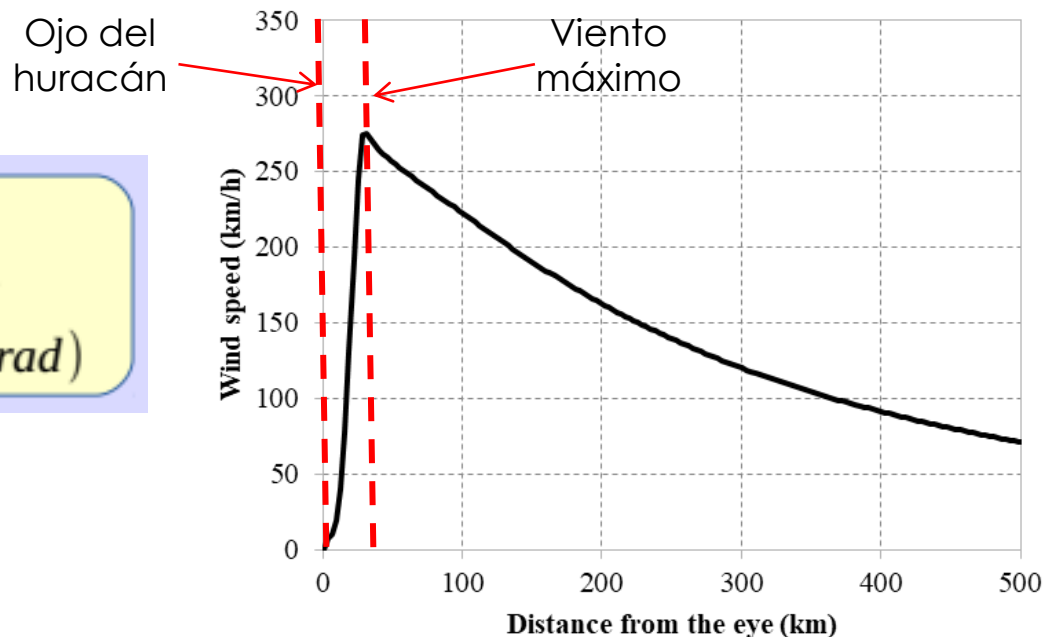
System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment

Sistema de Evaluación Probabilística de Peligros y Evaluación de Riesgos

- Modelo de viento:
  - Modelo seleccionado: **Silva et al. (2002)**:
    - Reciente y de vanguardia
    - Ya desarrollado y probado para México
  - Modelo paramétrico, en función de:
    - Posición del ciclón
    - Velocidad de avance del ciclón
    - Velocidad máxima del viento/presión atmosférica mínima
    - Radio de viento máximo

- **Modelo de viento extremo (Silva):**
  - Perfil del viento en función de la presión, radio de viento máximo y fuerza de Coriolis
  - Velocidad de traslación y rotación combinadas
  - Efecto de rugosidad del terreno considerado

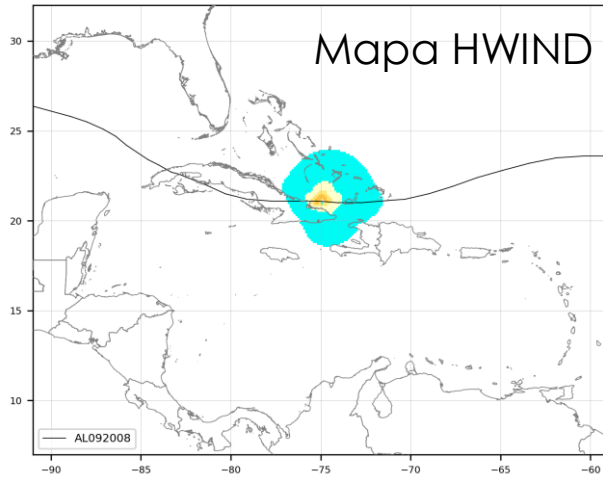
$$U_R = 21.8 \sqrt{P_N - P_0} - 0.5 f R$$
$$P_N = 1013 \text{ mb}; f = 2 w \sin(\varphi);$$
$$w = 0.2618 (\text{rad/h}); \varphi = \text{latitude (rad)}$$



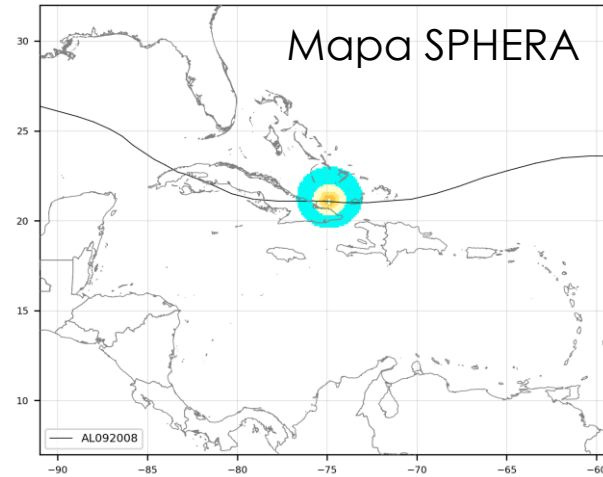


- Validación del modelo de viento (AL092008, 07/09/2008 22:30)

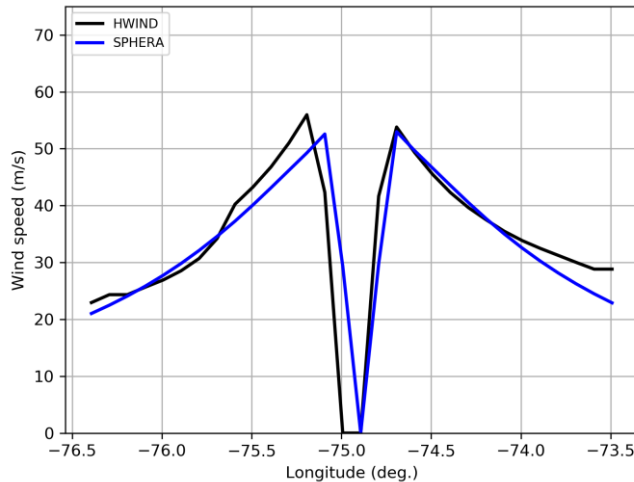
HWIND AL092008\_0907\_2230



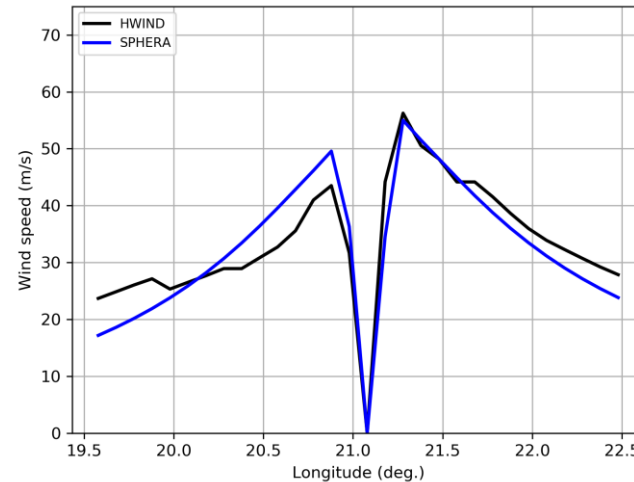
sphera\_UR=f(Vmax)\_f05\_nozeroeye AL092008\_0907\_2230



AL092008\_0907\_2230 E-W cross-section



AL092008\_0907\_2230 N-S cross-section



Ike

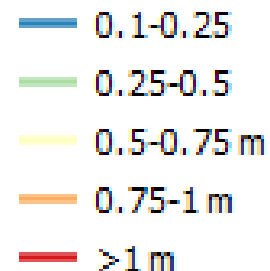
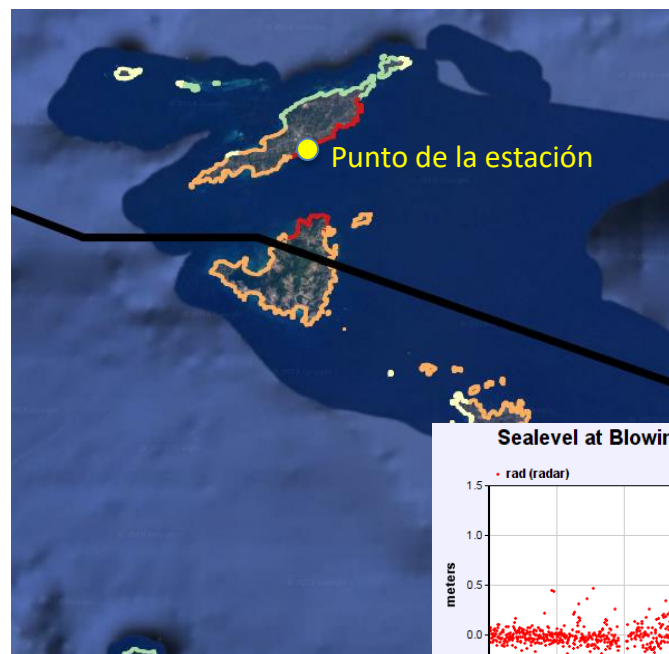
- **Modelo de marea de tormenta: GEOCLAW**

- Basado en ClawPack, una colección de métodos de volúmenes finitos de última generación para resolver leyes de conservación
- Modelo bien establecido (por UniWashington/Columbia) para marea de tormenta, tsunamis, ruptura de presas y otros flujos geofísicos
- Completamente gratuito y de código abierto
  - Sin limitaciones de licencia
  - Se puede modificar y adaptar fácilmente
- Refinamiento de malla adaptable: la resolución de espacio y tiempo se cambia automáticamente durante la simulación
  - Mucho más rápido en comparación con otros modelos
  - No es necesario ejecutar el modelo en varios dominios anidados

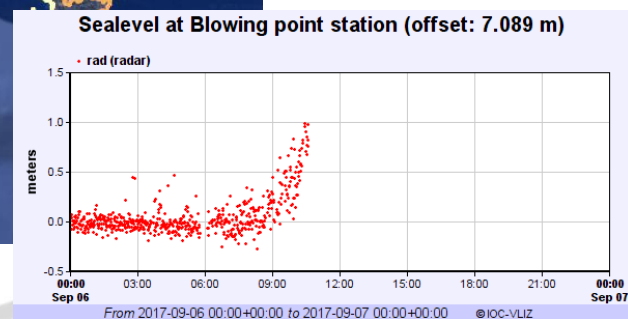
- GeoClaw ejemplo de resultados:



Huracán Maria (2017) en el este de Puerto Rico

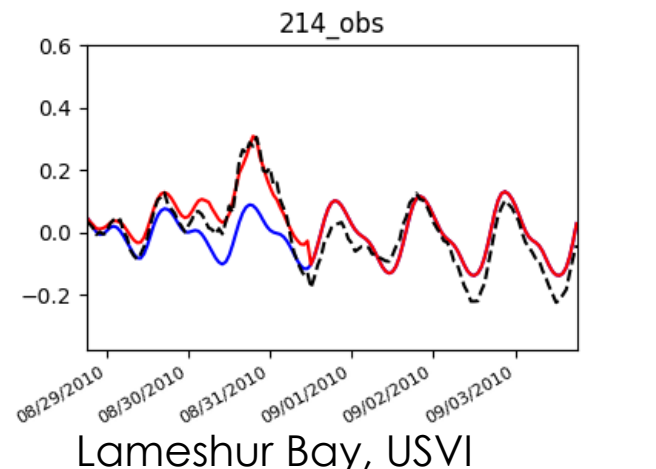
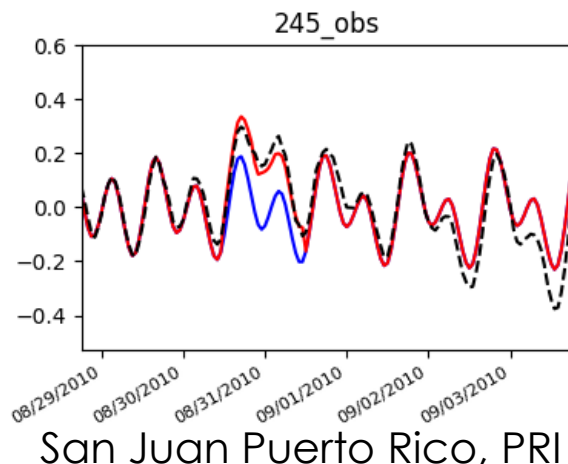
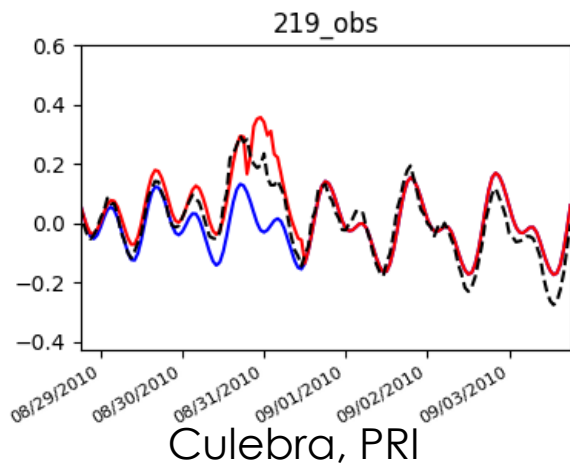


Huracán Irma (2017)  
en Anguila y Saint-  
Martin/Sint Maarten

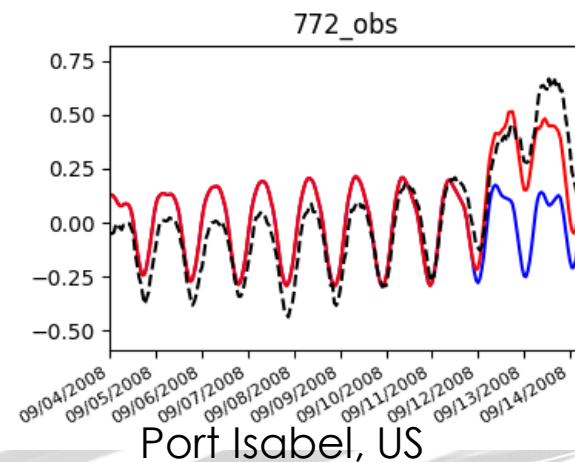
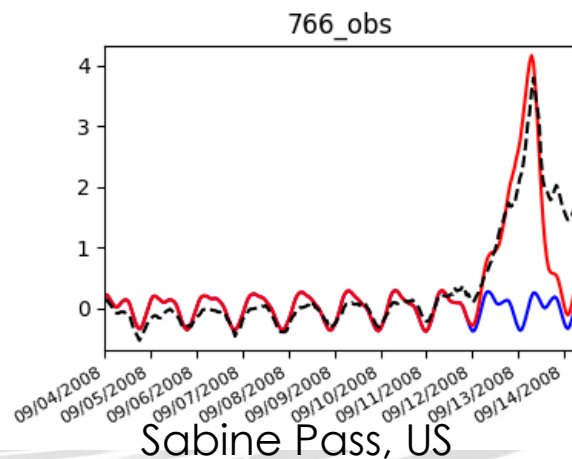
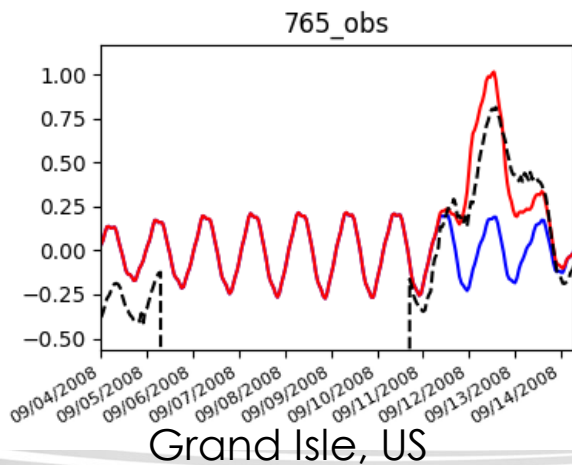


- Validación
  - Earl 2010

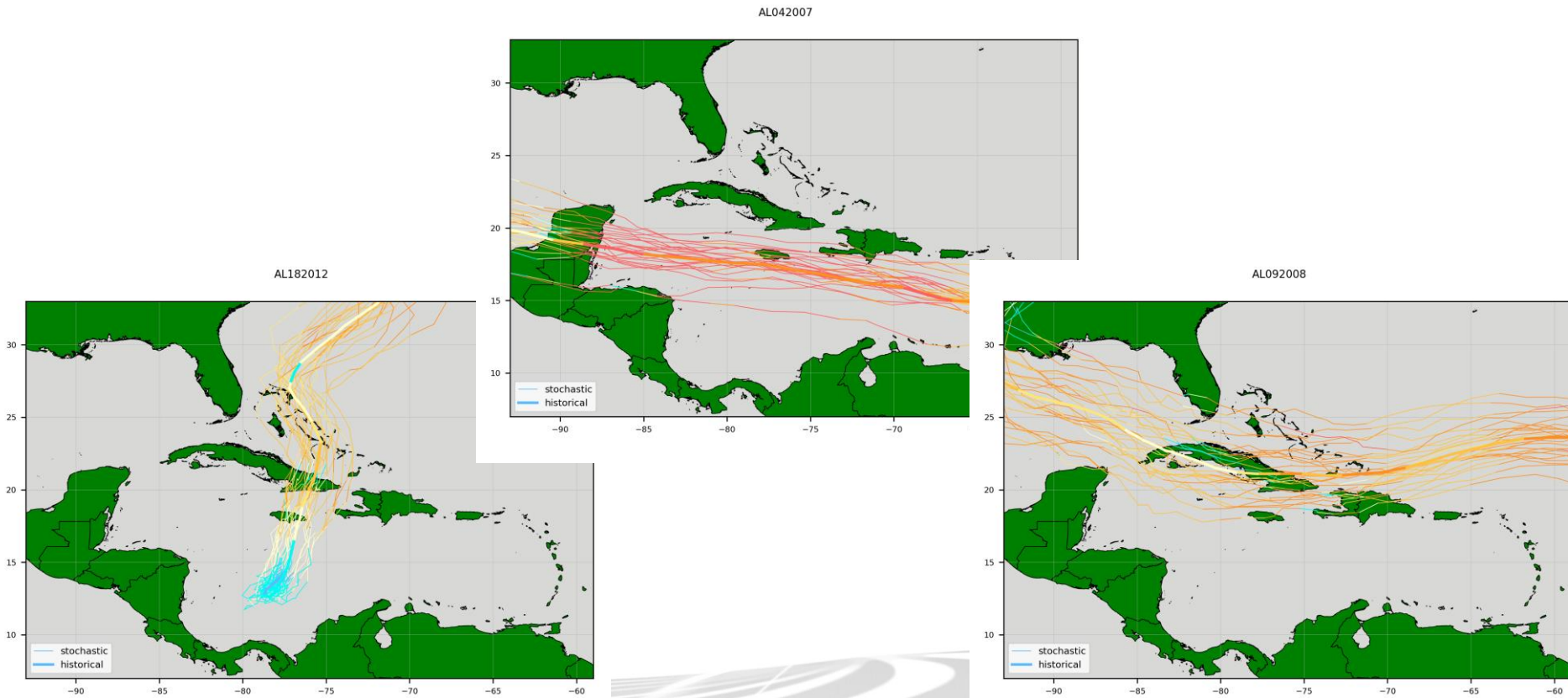
--- Nivel observado (m)  
— Nivel simulado (m)  
— Marea astronómica (m)



- Ike 2008



- Catálogo estocástico: Gran número de eventos teóricos para la evaluación de riesgos – **ACTUALIZADO para el ciclo - póliza 2023**
  - Las propiedades estadísticas de los ciclones estocásticos son las mismas que las de los huracanes observados (trayectoria, variación de presión, velocidad del viento, etc.)

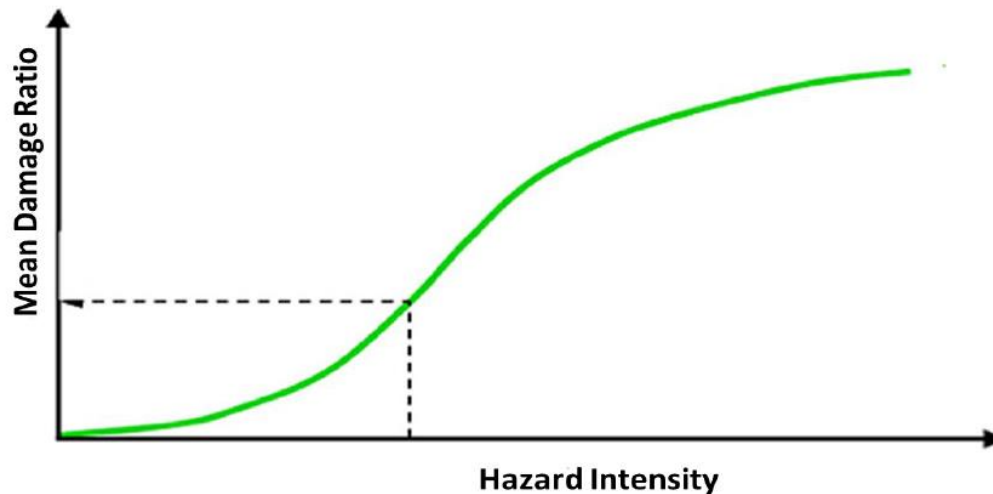


# SPHERA TC vulnerabilidad

System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment

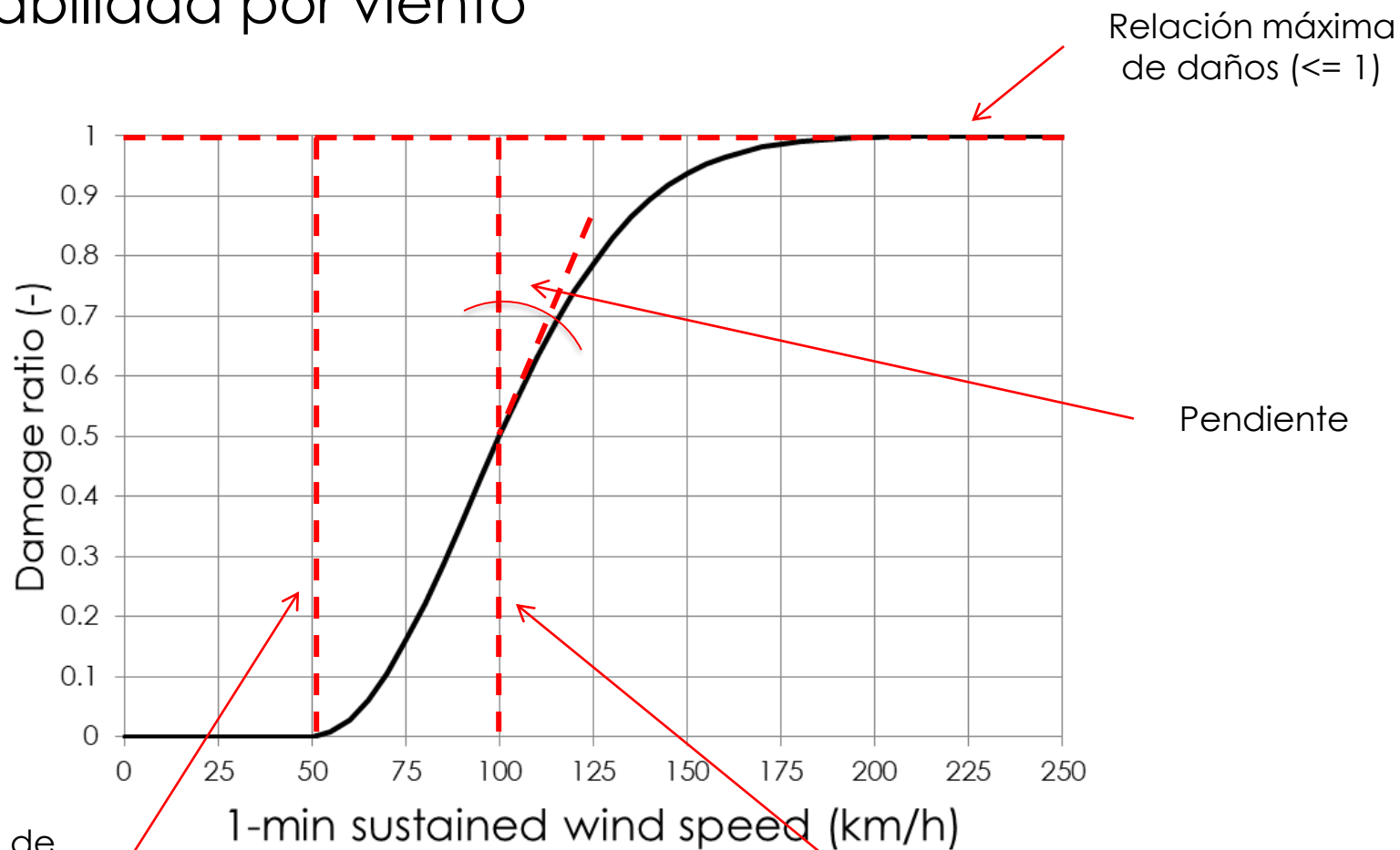
Sistema de Evaluación Probabilística de Peligros y Evaluación de Riesgos

- Vulnerabilidad:
  - Susceptibilidad de que un activo (construcción, infraestructura, cultivo) pueda ser dañado por un determinado fenómeno natural
  - Generalmente expresado a través de curvas de daño



- Relación media de daño (MDR): Costo de reparación dividido por el costo de reemplazo de la estructura

- Vulnerabilidad por viento

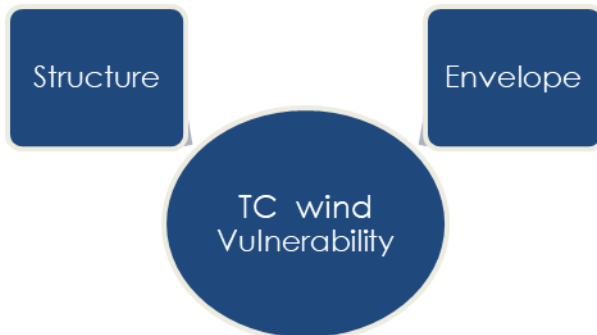


V0: velocidad de viento por debajo de la cual no hay daños

V50: Velocidad de viento correspondiente a una relación de daño de 0.5



- Vulnerabilidad por viento



## Tipos de estructura

Código	Niveles	Descripción
WL	1 - 2	Elementos ligeros de madera, de poca altura
WS	1 - 2	Elementos de madera maciza, baja altura
WWD	1 - 2	Wattle y Daub, poca altura
A	1 - 2	Construcción de adobe, baja altura
UFM+LR	1 - 2	Mampostería no reforzada, baja altura
SM	1 - 2	Mampostería de piedra, baja altura
MCF+ND+LR	1 - 2	Mampostería confinada, no dúctil, baja altura
MCF+D+LR	1 - 2	Mampostería confinada, dúctil, baja altura
RM+ND+LR	1 - 2	Mampostería reforzada, no dúctil, baja altura
RM+D+LR	1 - 2	Mampostería reforzada, dúctil, baja altura
S+ND+LR	1 - 2	Estructura de acero, no dúctil, baja altura
S+D+MR	3 - 6	Estructura de acero, dúctil, media altura
S+INF+ND+LR	1 - 2	Estructura de acero, rellenos de mampostería, no dúctil, baja altura
S+INF+D+LR	1 - 2	Estructura de acero, rellenos de mampostería, dúctil, baja altura
RC+INF+ND+LR	1 - 2	Estructura de relleno de hormigón armado, no dúctil, baja altura
RC+INF+ND+MR	3 - 6	Estructura de relleno de hormigón armado, no dúctil, media altura
RC+INF+ND+HR	> 7	Marco de concreto armado, no dúctil, gran altura
RC+INF+D+LR	1 - 2	Marco de concreto armado, dúctil, baja altura
RC+INF+D+MR	3 - 6	Marco de concreto armado, dúctil, media altura
RC+INF+D+HR	> 7	Marco relleno de concreto armado, dúctil, gran altura
RC+PC+LR	1 - 2	Hormigón prefabricado
CR+LWAL+LR	1 - 2	Estructuras de muros de concreto y de paneles Covintec
UNK	ND	Construcción desconocida e informal

## Tipos de techumbre

Forma del techo	Arco
	A dos aguas
	A cuatro aguas
	Complejo
	Plano
Material del techo	Chapa metálica/Eternita
	Tejas/baldosas
	Concreto
	Improvisado/con techo de paja
	Desconocido
Contraventana	Ninguno
	Presente
Apertura de muros	Ventanas <70% de los muros
	Ventanas >70% de los muros
	Muros sin ventanas
	Muros abiertos

- Vulnerabilidad por marea de tormenta
  - Dottori, F., et al., 2016. *INSYDE: a synthetic, probabilistic flood damage model based on explicit cost analysis*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 16, 2577–2591
  - Considera:
    - Propiedades de la amenaza en las ubicaciones de los edificios (p.ej. profundidad de agua)
    - Características del edificio expuesto (p.ej. tipo estructural)
    - Costo de reemplazo
    - **Mecanismos de daño** de cada **componente** del edificio, descritos a través de un análisis hipotético
  - Corrección por **protección ante inundaciones costeras**

# SPHERA Cálculo de pérdidas y esquema de seguro

System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment

Sistema de Evaluación Probabilística de Peligros y Evaluación de Riesgos

- Pérdidas para cada componente  $i$ :

$$L_i = V_i(H_i) \times E_i$$

- $L_i$ : Pérdidas en el componente  $i$  (USD)
  - $H_i$ : Amenaza en el componente  $i$ (USD)
  - $V_i(x)$ : Curva de vulnerabilidad del componente  $i$  (0-1)
  - $E_i$ : Exposición del componente  $i$ (USD)
- 
- Problema: Dos peligros **simultáneos** (viento y marea de tormenta)
  - Pérdidas totales  $\neq$  Pérdidas por viento + pérdidas por marea de tormenta


- Las curvas de probabilidad de pérdida se generan a partir de los resultados del conjunto de eventos de pérdida a largo plazo

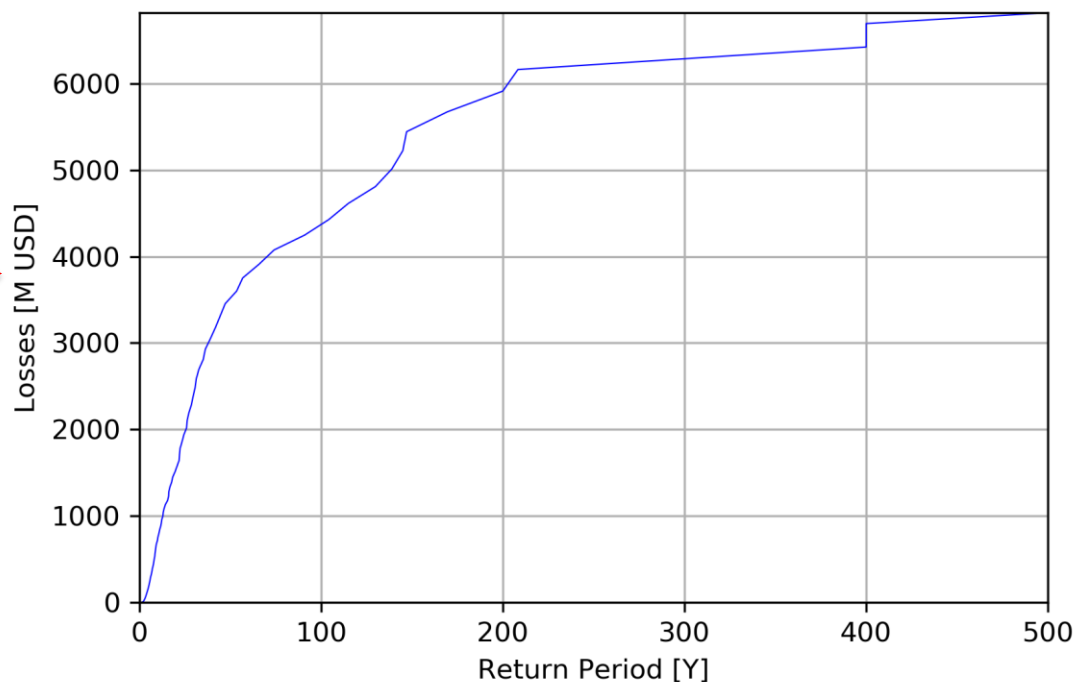
Evento	Pérdida
1	Pérdida <sub>1</sub>
2	Pérdida <sub>2</sub>
3	Pérdida <sub>3</sub>
⋮	⋮
n	Pérdida <sub>n</sub>


$$\text{Probabilidad anual de excedencia de "Pérdida A"} = \frac{\text{Número de veces que se excedió la Pérdida A}}{\text{Número de años}}$$

$$\text{Periodo de retorno "Pérdida A"} = \frac{\text{Número de años}}{\text{Número de veces que se excedió la Pérdida A}}$$

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

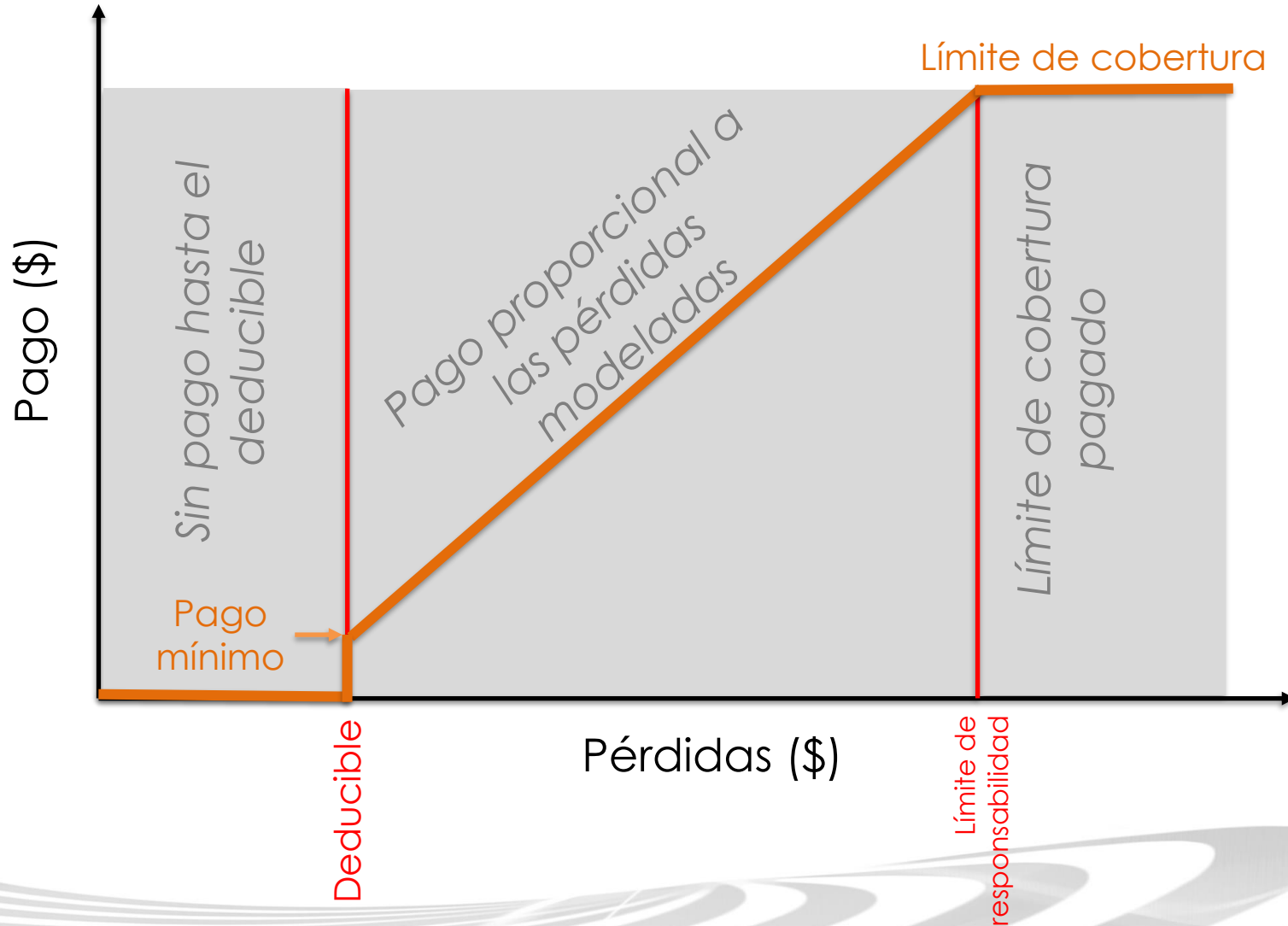
Pérdidas:  calculado por el modelo, dependiendo del peligro, la vulnerabilidad y la exposición



 Periodo de retorno: Tiempo promedio estimado entre eventos

# Esquema de seguro

- Póliza de seguros



# SPHERA Funcionamiento en tiempo real

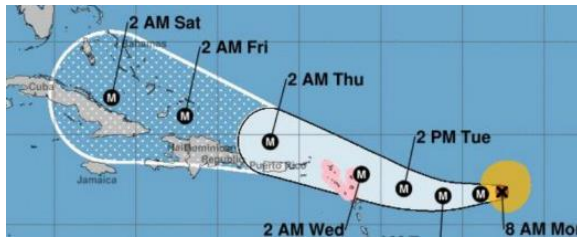
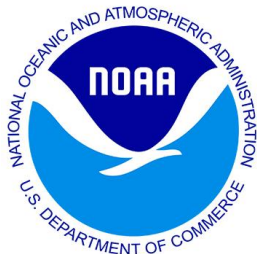
System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment

Sistema de Evaluación Probabilística de Peligros y Evaluación de Riesgos



## Funcionamiento post-evento (o quasi tiempo-real)

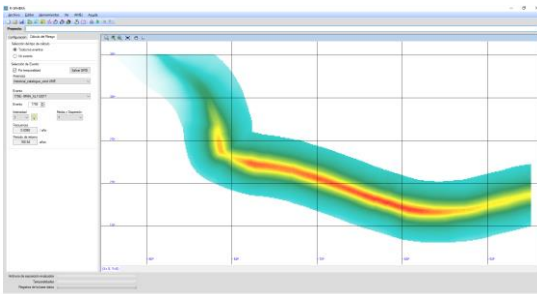
1 - NOAA activa alerta de ciclón tropical



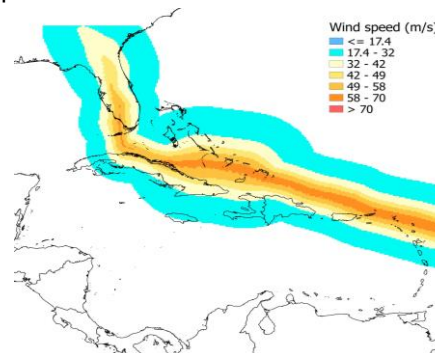
2 - NOAA genera un archivo con la trayectoria del ciclón tropical

AL	11	2017082806	01	CARQ	-24	117N	174W	25	0	DB	34								
AL	11	2017082806	01	CARQ	-18	118N	179W	25	0	DB	34								
AL	11	2017082806	01	CARQ	-12	119N	184W	25	0	DB	34								
AL	11	2017082806	01	CARQ	-6	120N	190W	25	0	DB	34								
AL	11	2017082806	01	CARQ	0	120N	195W	25	1009	DB	34								
AL	11	2017082806	01	CARQ	0	120N	195W	25	1009	DB	50								
AL	11	2017082806	01	CARQ	0	120N	195W	25	1009	DB	64								
AL	11	2017082806	03	CLP5	12	123N	209W	0	0		0								
AL	11	2017082806	03	CLP5	24	128N	224W	0	0		0								
AL	11	2017082806	03	CLP5	36	134N	242W	0	0		0								
AL	11	2017082806	03	CLP5	48	141N	263W	0	0		0								
AL	11	2017082806	03	CLP5	60	147N	286W	0	0		0								

3 - El agente de cálculo del CCRIF ejecuta SPHERA utilizando el archivo de la trayectoria como dato de entrada



4 - SPHERA produce estimaciones de velocidad del viento, marea de tormenta y pérdidas económicas

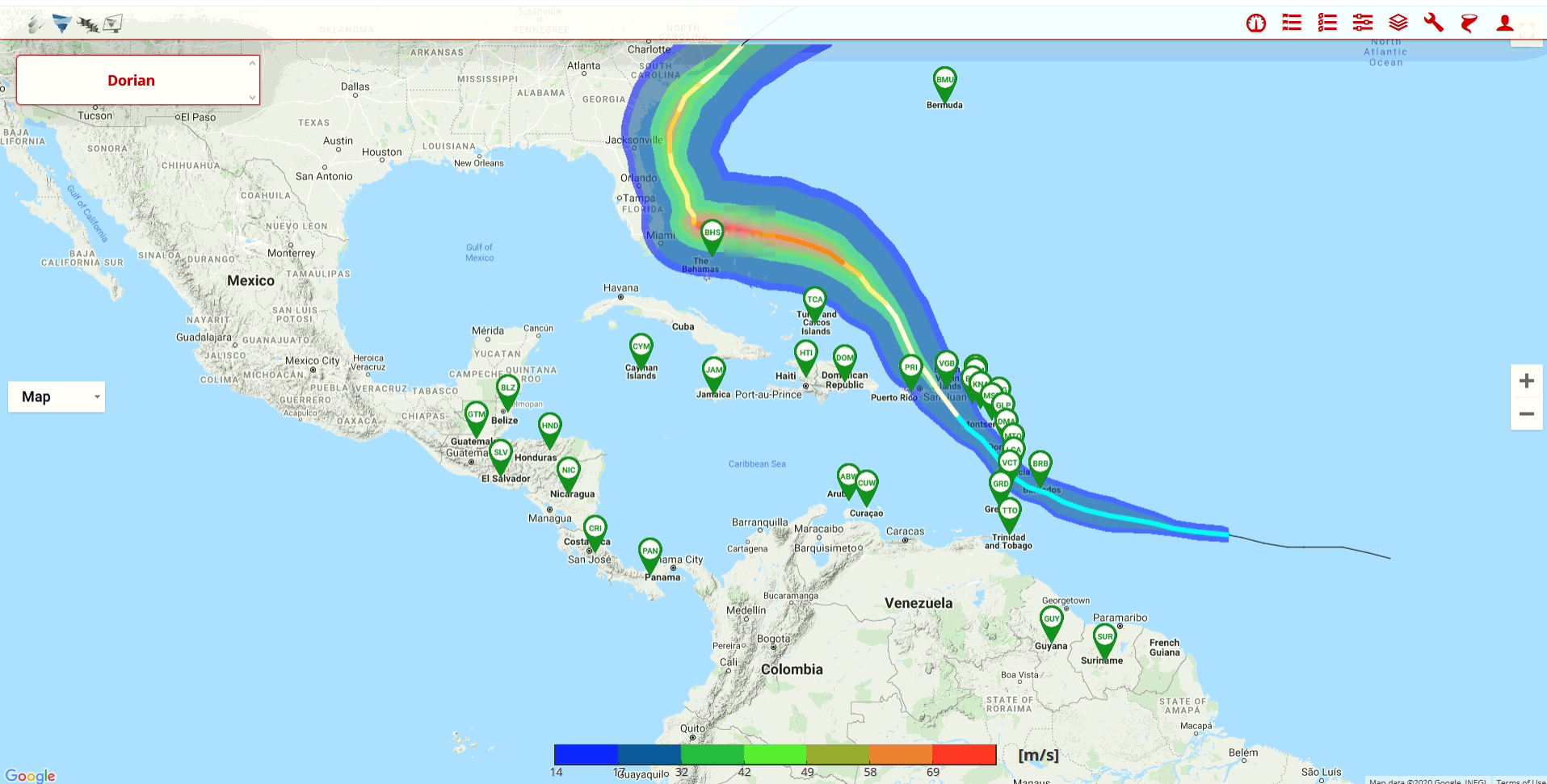


5 - Dados los parámetros de la póliza del país, si las pérdidas están por encima del deducible, se calcula el pago



# Funcionamiento en tiempo real (TC)

- WEMAP (sesión específica el día 15)



# Actualizaciones del modelo en 2023

System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk  
Assessment

Sistema de Evaluación Probabilística de Peligros y  
Evaluación de Riesgos

## Actualizaciones 2023

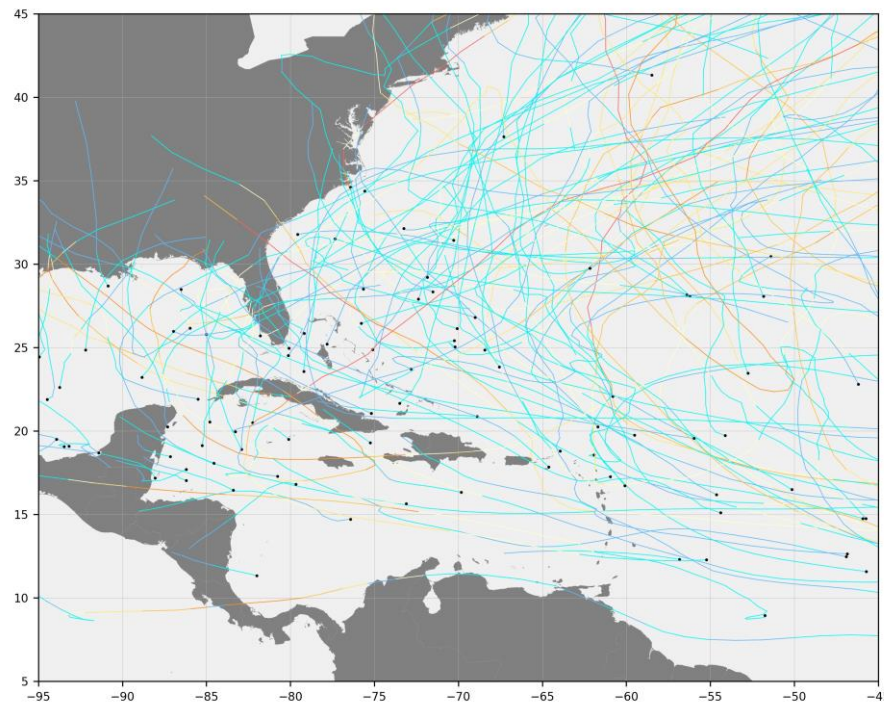
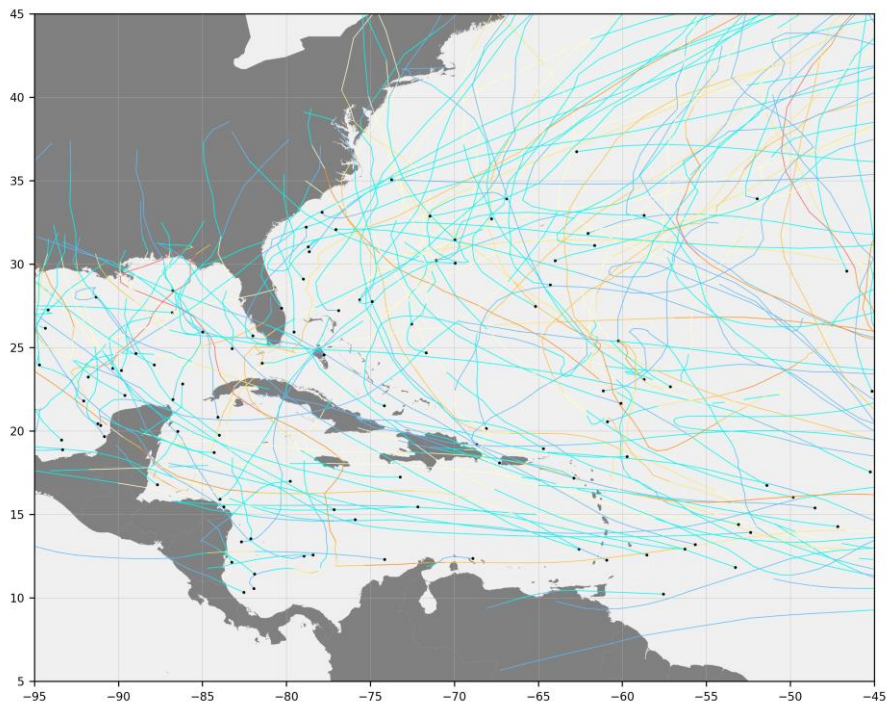
**Nuevo catálogo estocástico**

**Disparador adicional para eventos localizados**



- Nuevo catálogo estocástico:
  - Desarrollado y calibrado específicamente para el **Caribe** y **Centroamérica**
  - Metodología **más acorde** con otros modelos comerciales de TC
    - Movimiento de TC basado en autorregresiones
    - Presión a nivel del mar basada en autorregresiones y un factor limitante espacialmente variable, basado en la temperatura de la superficie del mar (intensidad máxima potencial)
  - Catálogo más extenso: longitud equivalente a **50,000 años**
  - Un catálogo para la cuenca del Atlántico y otro para la cuenca del Pacífico

- Nuevo catálogo estocástico:
  - Algunos ejemplos de trayectorias de ciclones



Saffir-Simpson scale

Category	Wind speeds			
	m/s	knots (kn)	mph	km/h
Five	≥ 70 m/s	≥ 137 kn	≥ 157 mph	≥ 252 km/h
Four	58–70 m/s	113–136 kn	130–156 mph	209–251 km/h
Three	50–58 m/s	96–112 kn	111–129 mph	178–208 km/h
Two	43–49 m/s	83–95 kn	96–110 mph	154–177 km/h
One	33–42 m/s	64–82 kn	74–95 mph	119–153 km/h

Related classifications

Tropical storm	18–32 m/s	34–63 kn	39–73 mph	63–118 km/h
Tropical depression	≤ 17 m/s	≤ 33 kn	≤ 38 mph	≤ 62 km/h

- Nuevo catálogo estocástico – Principales ventajas:
  - Un catálogo más extenso significa una **evaluación de riesgo más estable y sólida**, también para islas muy pequeñas
  - La metodología utilizada se ajusta con la literatura reciente y está en sintonía con otros modelos comerciales: **aumentando la confianza** del mercado, las reaseguradoras y la comunidad en la **visión del CCRIF sobre el riesgo de ciclones tropicales**
  - El uso de autorregresiones con variación espacial permite generar **eventos raros** que podrían no cubrirse utilizando una metodología de perturbación de trayectoria
  - El uso de un límite máximo de intensidad potencial basado en las temperaturas de la superficie del mar crea **eventos más realistas** y, potencialmente, podría permitir incluir los **efectos del cambio climático** en el futuro.

- Detectar eventos en los que las pérdidas están particularmente concentradas y con ello generar un pago adecuado
- Estrategia basada en un Índice de Desastres Locales (LDI) el cual se describirá a continuación

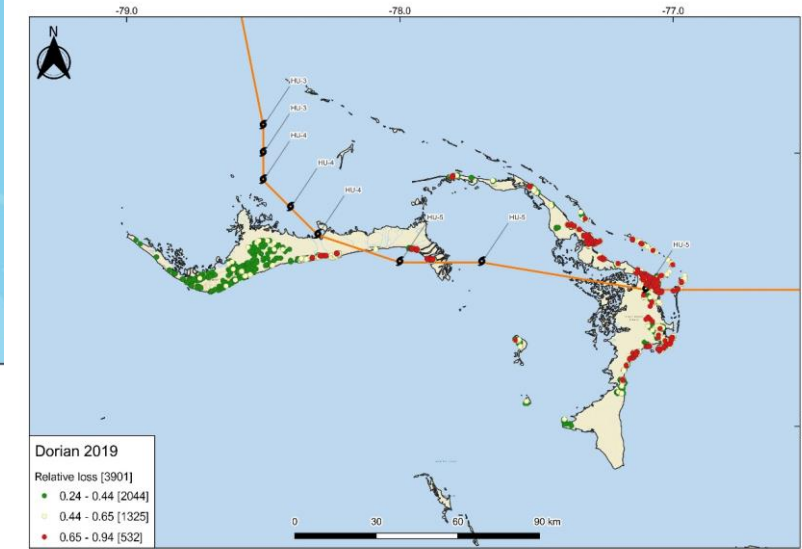
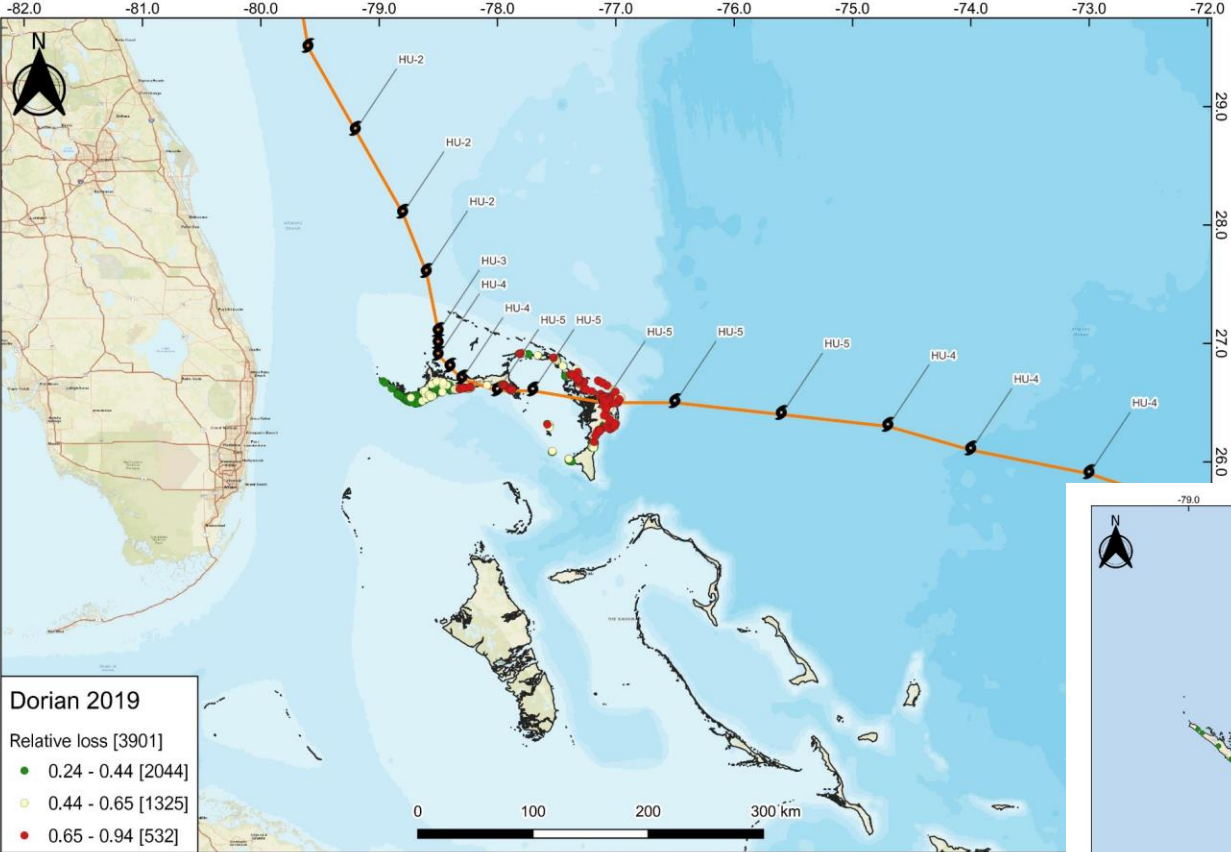


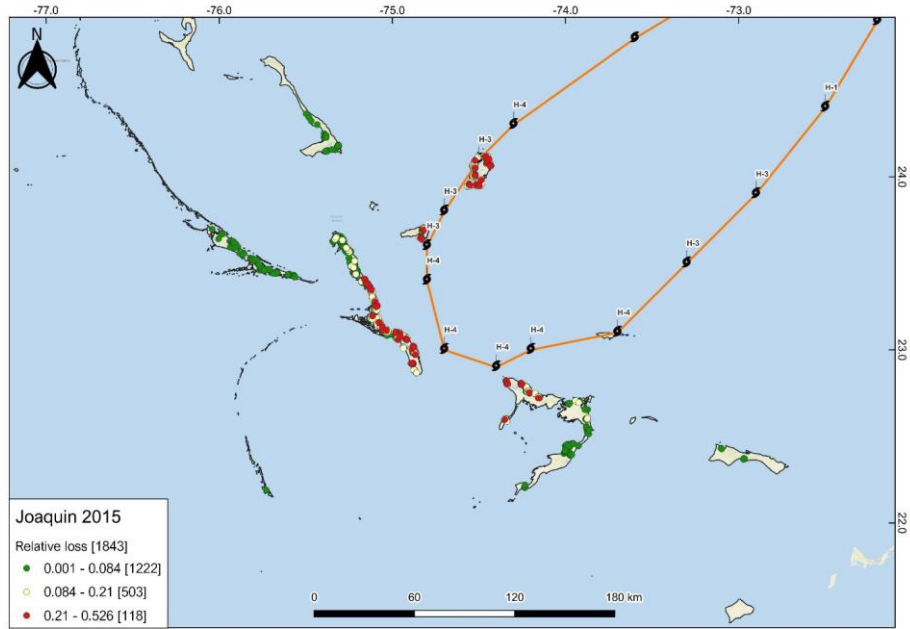


Paso 1: Identificar “celdas rojas”. Las celdas rojas son el 5% de las celdas con mayor relación de daño,  $\beta_i$ :

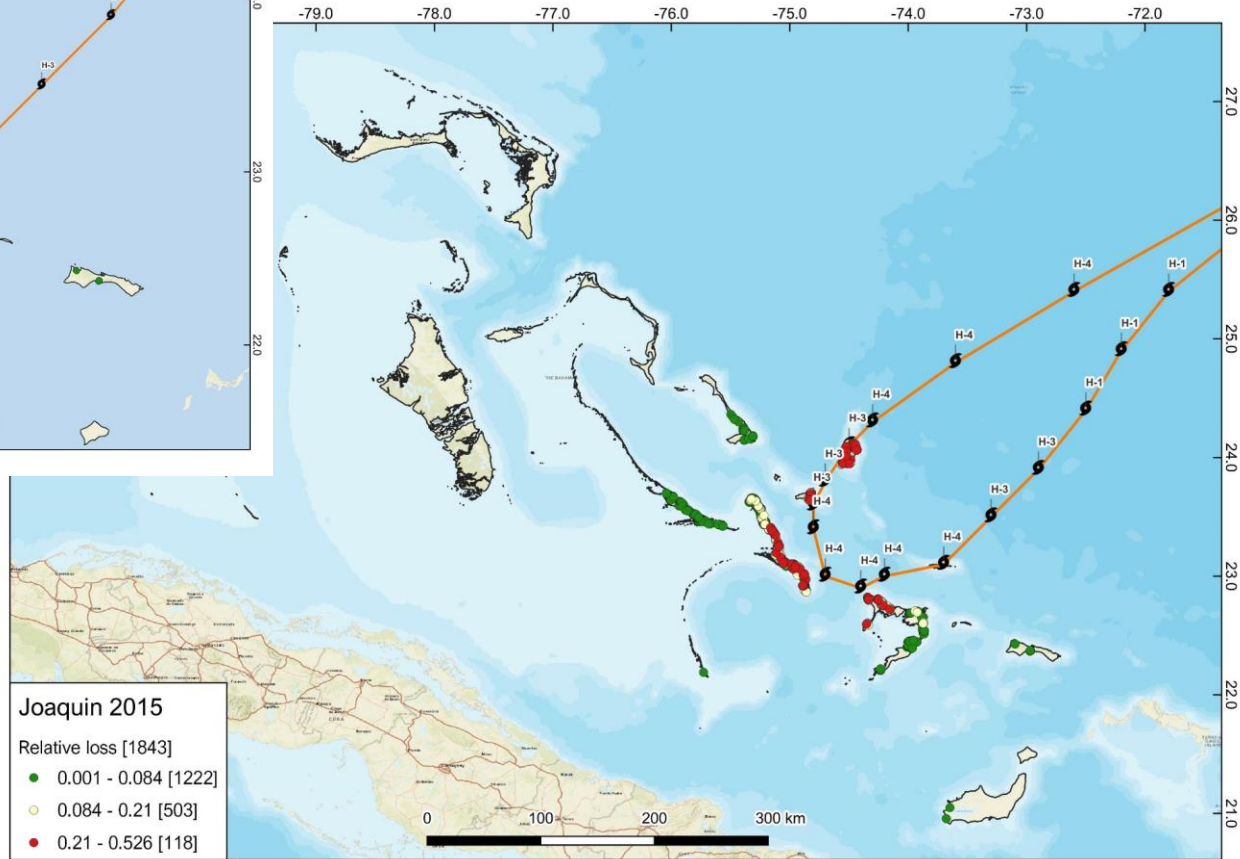
1. Para un evento dado, calcular para cada celda  $\beta_i = \frac{\text{Pérdida}_i}{\text{Valor expuesto}_i}$
2. Se ordenan los valores de mayor a menor
3. Se guarda el 5% de las celdas con mayor valor

# Dorian 2019

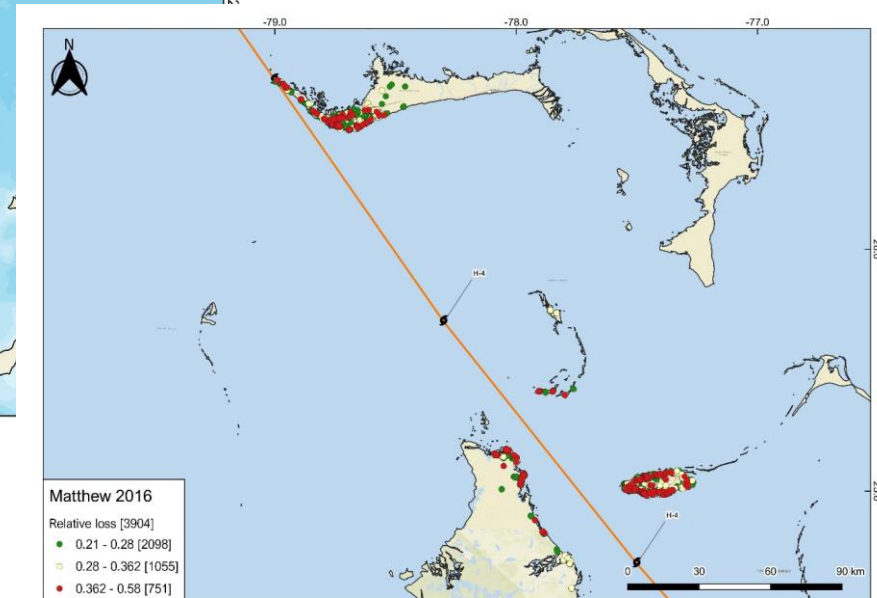
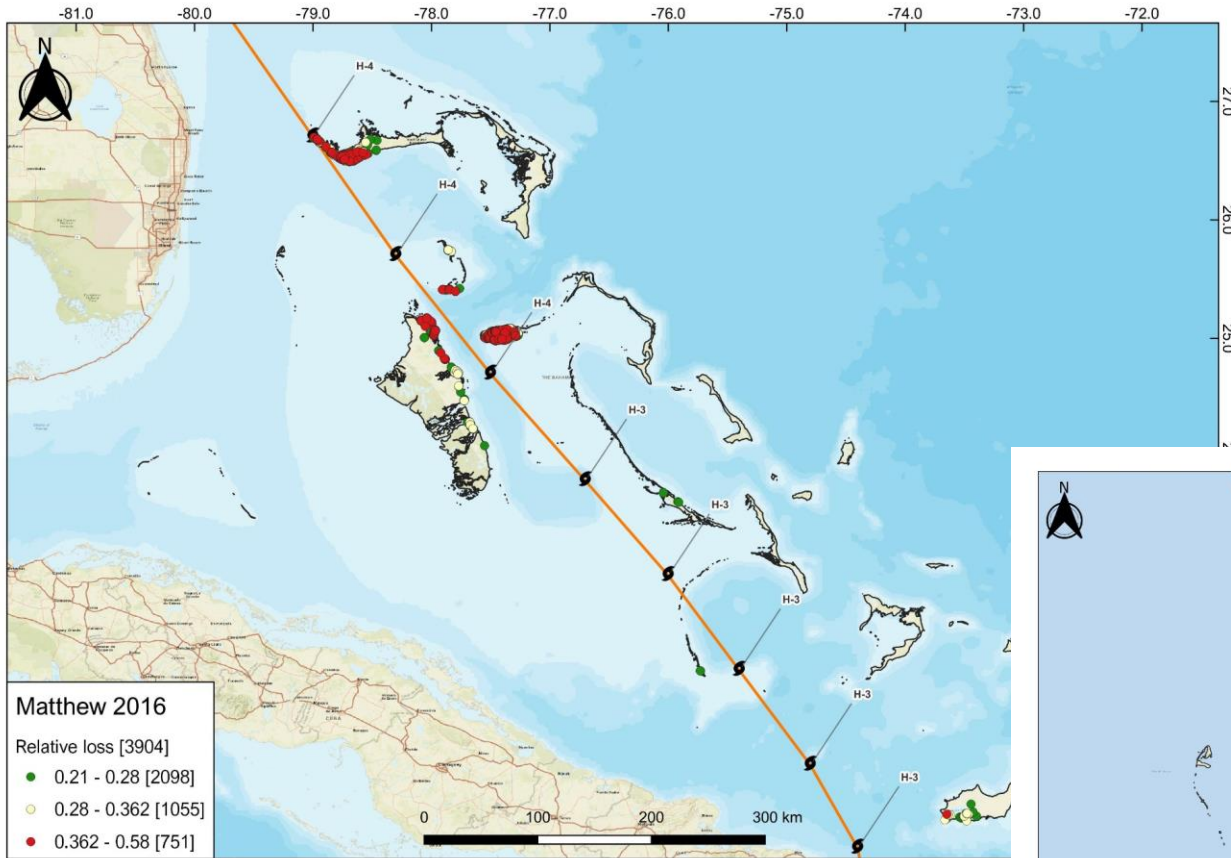




## Joaquin 2015



## Matthew 2016



Paso 2: Calcular las pérdidas relativas promedio en las celdas rojas,  $\beta_r$ :

1. Para un evento dado, calcular las pérdidas en las celdas rojas y el valor expuesto de las celdas rojas:

$$Pérdida_r = \sum_{j=1}^{Nr} Pérdida_j$$

$$Expuesto_r = \sum_{j=1}^{Nr} Expuesto_j$$

donde  $j$  comprende todas las celdas rojas

2. Calcular  $\beta_r = \frac{Pérdida_r}{Expuesto_r}$

Paso 3: Calcular la relación de daño promedio en todas las celdas,  $\beta_g$ :

1.

$$Pérdida_g = \sum_{k=1}^N Pérdida_k$$

$$Expuesto_g = \sum_{k=1}^N Expuesto_k$$

donde  $k$  comprende todas las celdas

2. Calcular  $\beta_g = \frac{Pérdida_g}{Expuesto_g}$

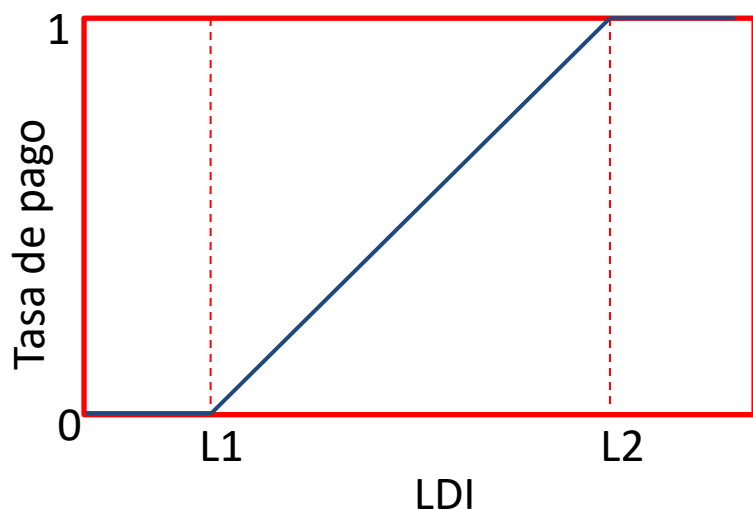
Paso 4: Calcular *LDI*:

$$LDI = \begin{cases} 0 & \beta_r < 1\% \quad \text{o} \quad \beta_g < 0.06\% \\ \beta_r & \\ \beta_g & \text{otros casos} \end{cases}$$

*LDI* se calcula solo cuando las pérdidas en las celdas rojas son significativas

# ¿Cómo se utiliza el LDI?

- El país tiene una póliza principal que está diseñada y opera de la misma manera que opera actualmente
- Pero hay una póliza secundaria cuyos pagos están indexados al LDI:



$$Pago = Tasa\ de\ pago * CL_2$$

- L1 y L2 son percentiles de LDI en el catálogo estocástico (excluyendo valores nulos)
- $CL_2$  se elige en función del importe de la prima que se desea utilizar en la póliza secundaria (20% en nuestros cálculos)



# Conclusión

System for Probabilistic Hazard Evaluation and Risk Assessment

Sistema de Evaluación Probabilística de Peligros y Evaluación de Riesgos

- ✓ El modelo SPHERA TC es un modelo moderno y de última generación de ciclones tropicales, **diseñado para sustentar los seguros paramétricos** contra eventos poco frecuentes y catastróficos
- ✓ Ha sido revisado y validado
- ✓ Se ejecuta en **tiempo casi real** y permite realizar pagos muy rápidamente
- ✓ Ha estado operando con éxito durante varios años

- ✓ El modelo SPHERA TC se ha vuelto aún más completo y confiable gracias a:
  - ✓ **Nuevo catálogo estocástico**, más completo que el anterior y basado en una metodología en línea con otros modelos comerciales
  - ✓ **Nuevo disparador para eventos localizados**
- ✓ La nueva versión de SPHERA TC comenzará a operar a partir del comienzo del **próximo año de póliza, el 1 de junio de 2023**

**¡Gracias por su atención!**