

# Modelo de Estimación de Pérdidas por Terremotos para Costa Rica

Por el ingeniero Alejandro Calderón

Museo del Oro de Costarricense – Costa Rica. 9 de Junio 2017

[alejandro.calderon@globalquakemodel.org](mailto:alejandro.calderon@globalquakemodel.org)

Twitter: [gem\\_risk](#)

**UME** Graduate School  
understanding and managing extremes



ROSE  
SCHOOL



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES



working together  
to assess risk

**GEM**  
GLOBAL EARTHQUAKE MODEL

**OO**  
OPENQUAKE

# Una verdadera asociación público-privada

PRIVATE

PUBLIC



Más de 25 organizaciones públicas & privadas y 16+ países patrocinan y gobiernan la Fundación GEM

Para aplicar ciencia en la estimación transparente del riesgo sísmico y asistir en la reducción de riesgo de desastres



ASSOCIATES

Norway

Singapore

Switzerland

Taiwan

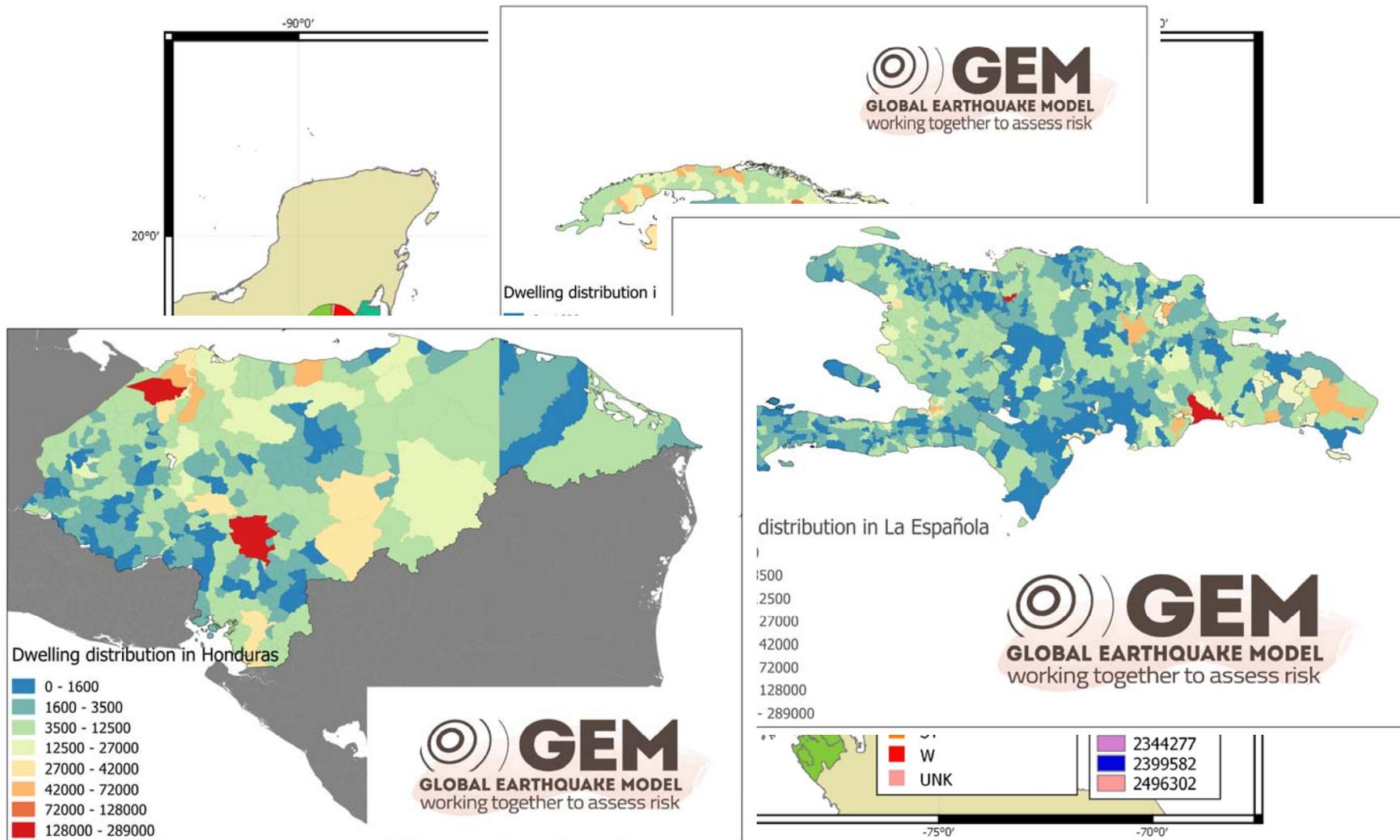


GLOBAL QUAKE MODEL .ORG

GEM



# CCARA: Evaluación de Riesgo Sísmico para Centro América y el Caribe



# Antecedentes



# Antecedentes del riesgo sísmico en Costa Rica

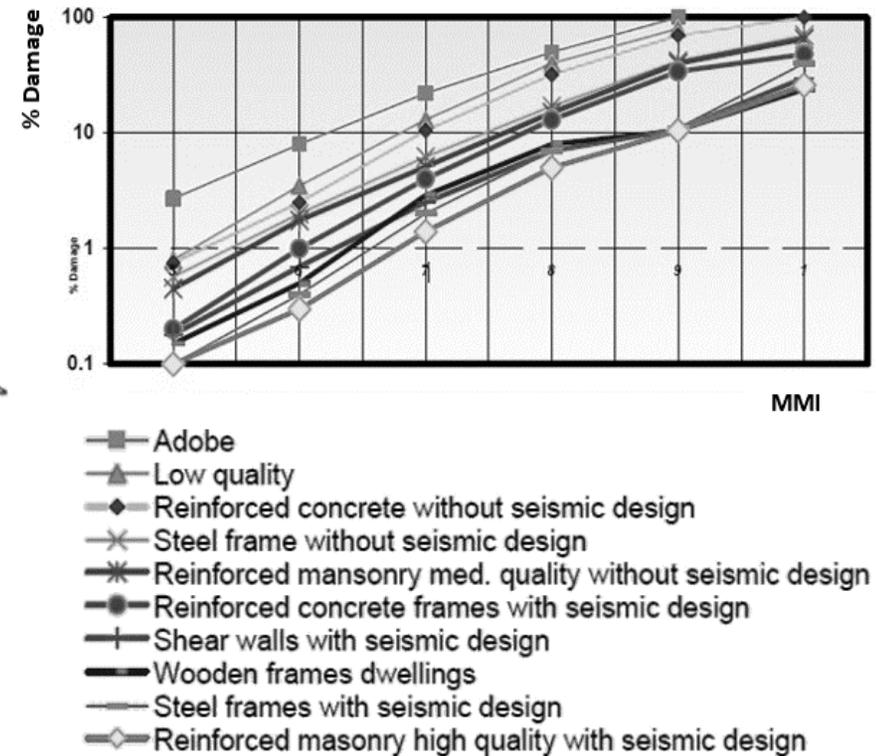
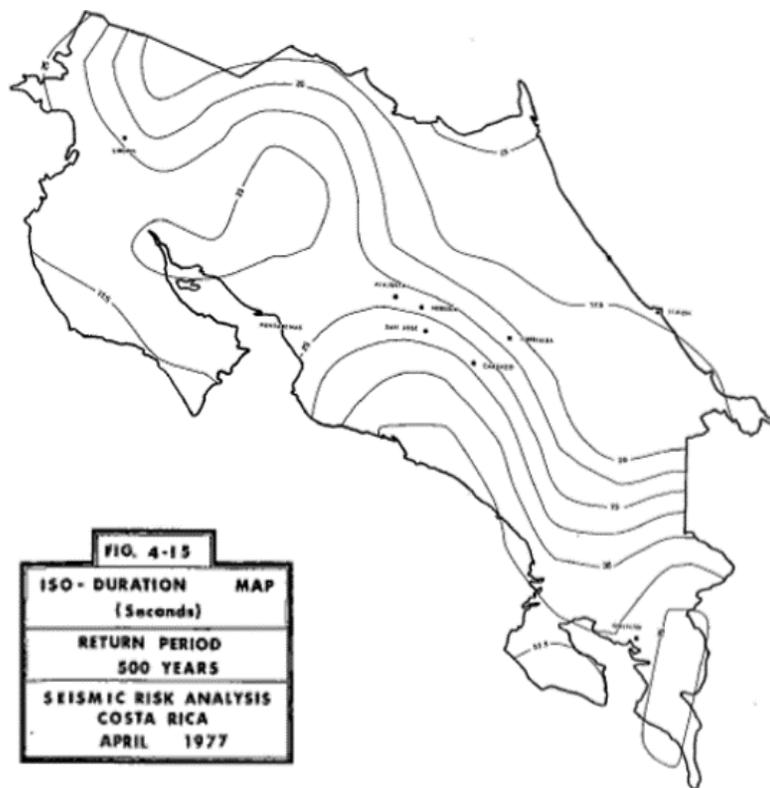
---

Riesgo  
Sísmico



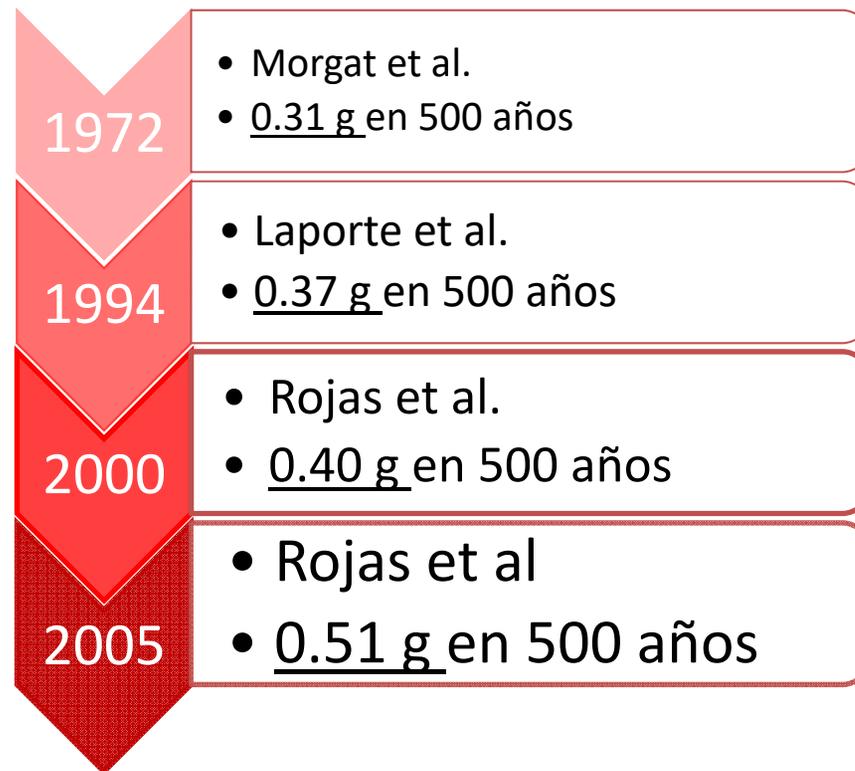
# Antecedentes de estimación del riesgo sísmico en Costa Rica

- Sauter y Shah desarrollaron el *Estudio de Seguro contra Terremotos* en 1978 para INS.



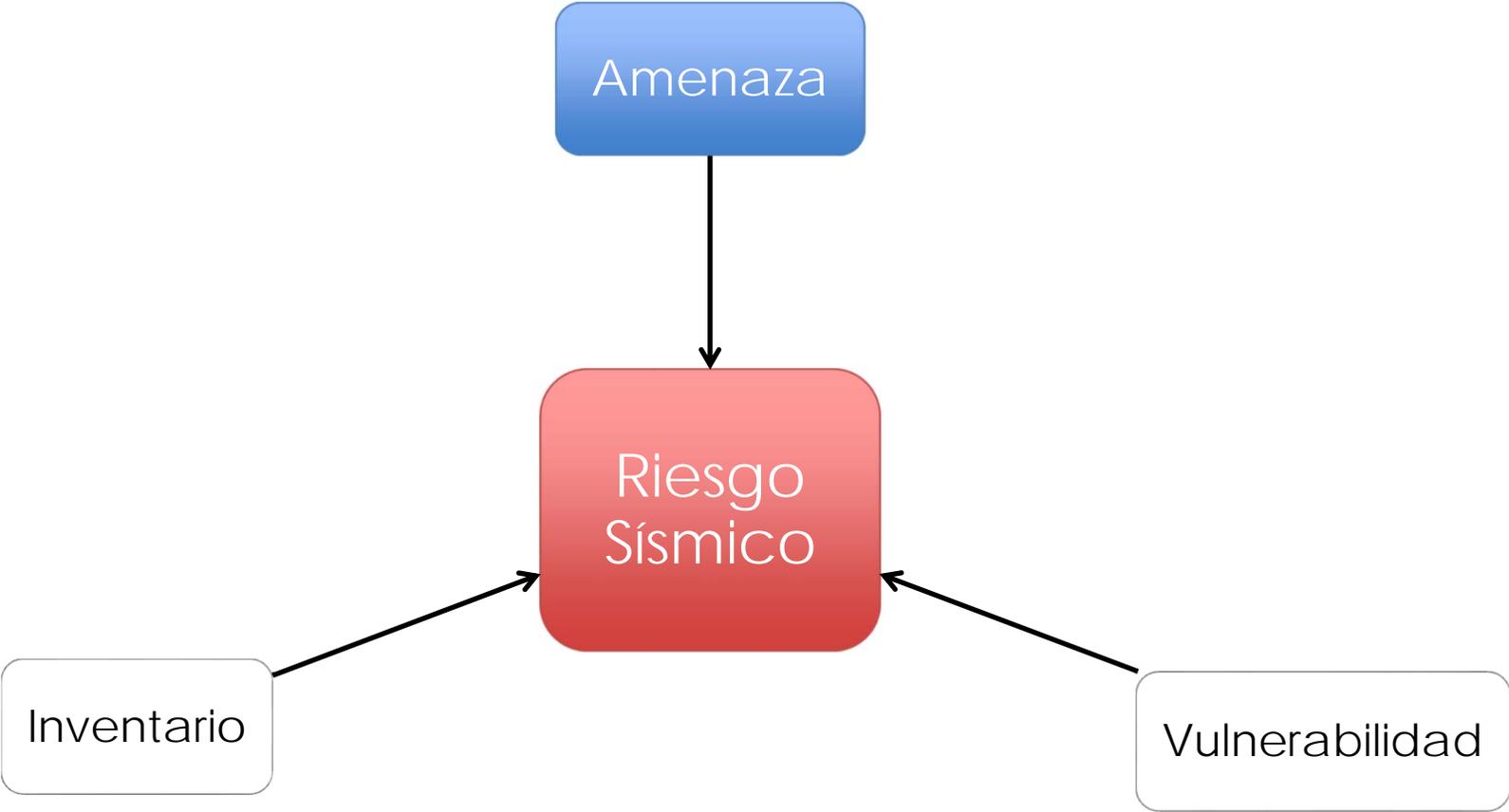
# Antecedentes de estimación del riesgo sísmico en Costa Rica

- Re-evaluación de la amenaza debido a la alta sismicidad de los 90's.



# Antecedentes de estimación del riesgo sísmico en Costa Rica

---





Exposición e  
Inventario  
Residencial

COSTA  
RICA  
AÉREA

RETRATOS DE UN  
PAÍS INÉDITO

SERGIO Y GIANCARLO PUCCI

[craerea.com](http://craerea.com)

# Base de datos para generar el inventario residencial

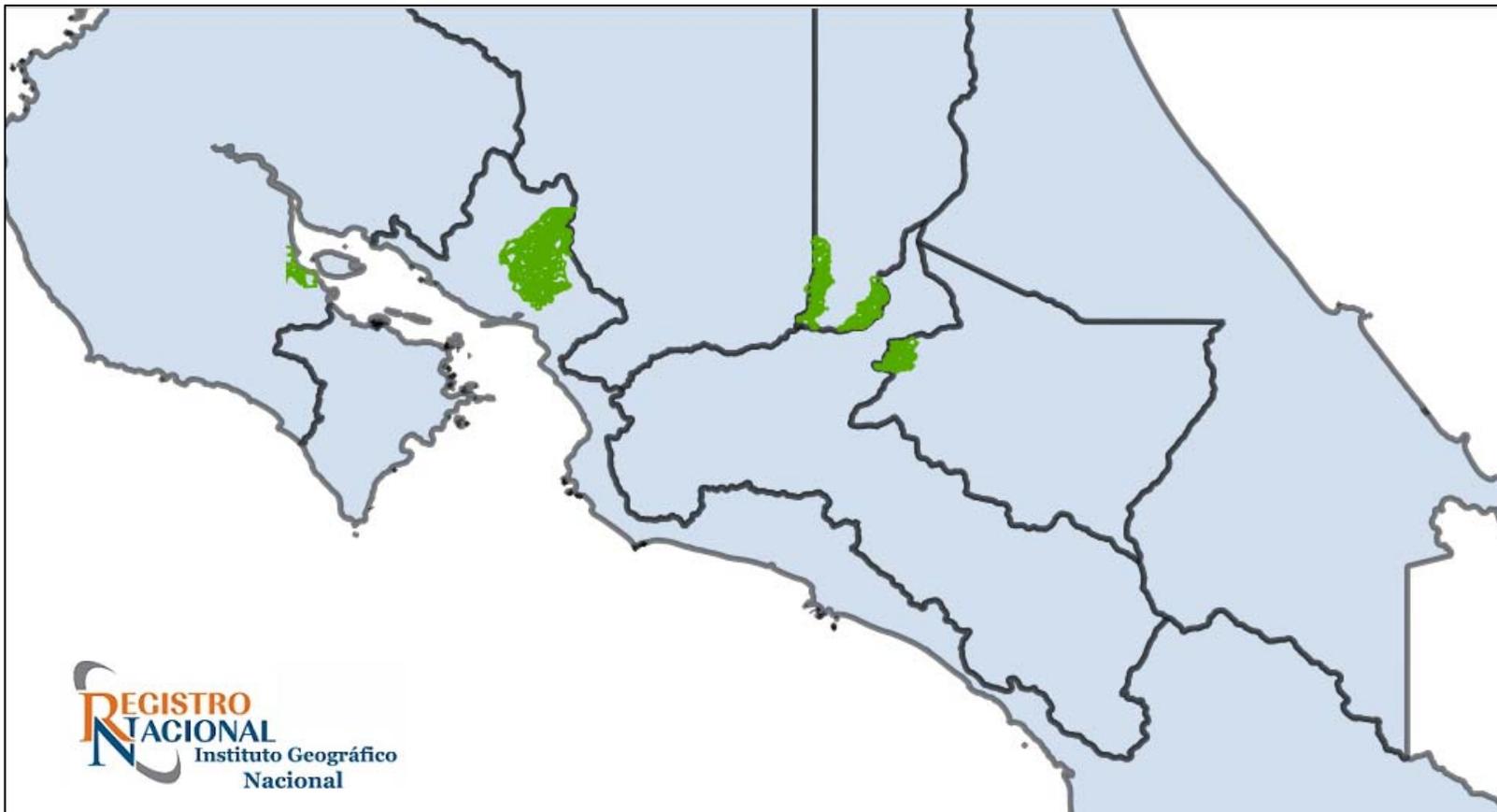
---



## Base de datos para generar el inventario residencial

---

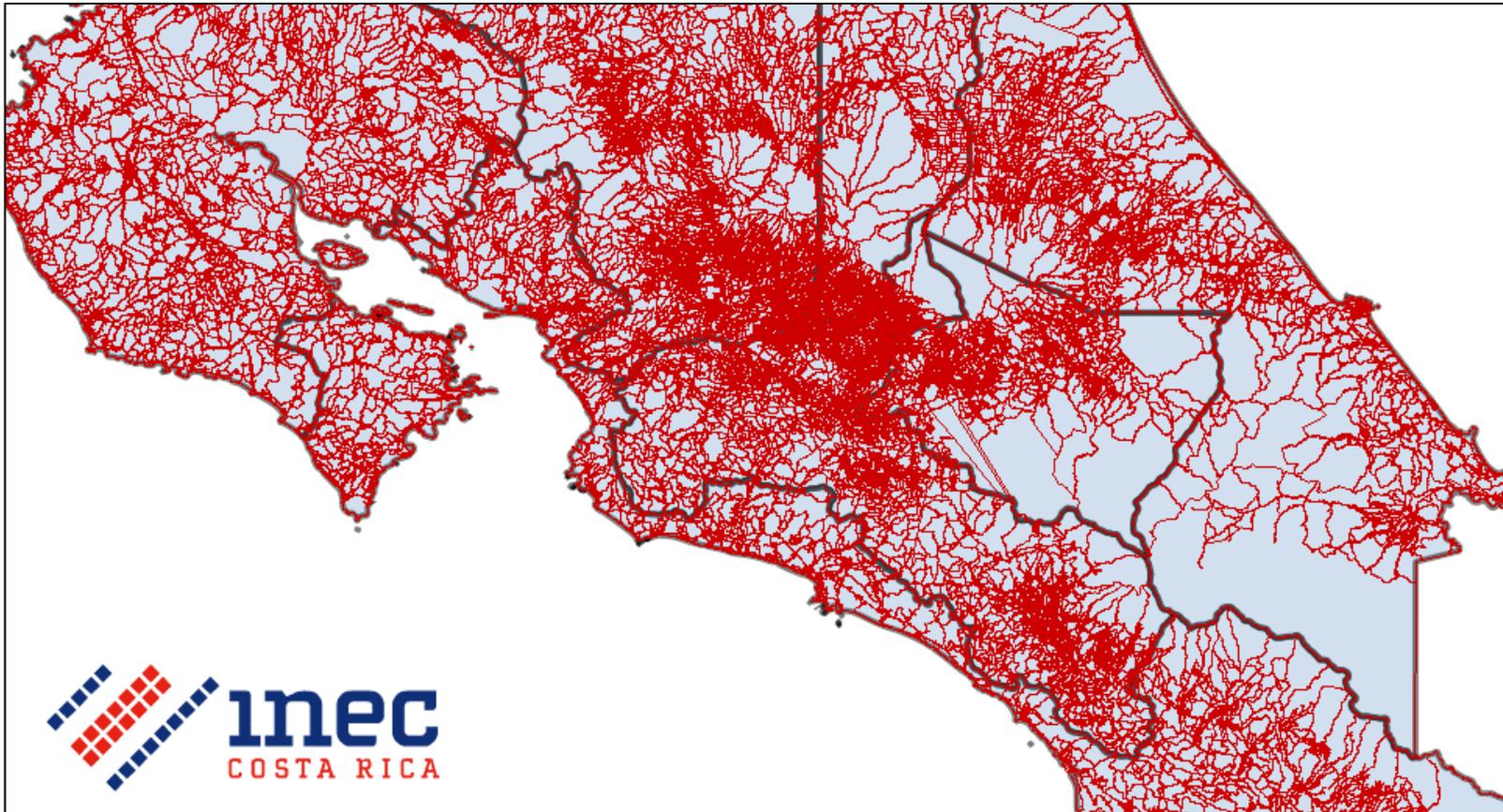
- Base datos de Catastro Nacional aún no esta completa.



# Base de datos para generar el inventario residencial

---

- Los censos de población y vivienda cubren el periodo de 1973 a 2011



# Base de datos para generar el inventario residencial

---

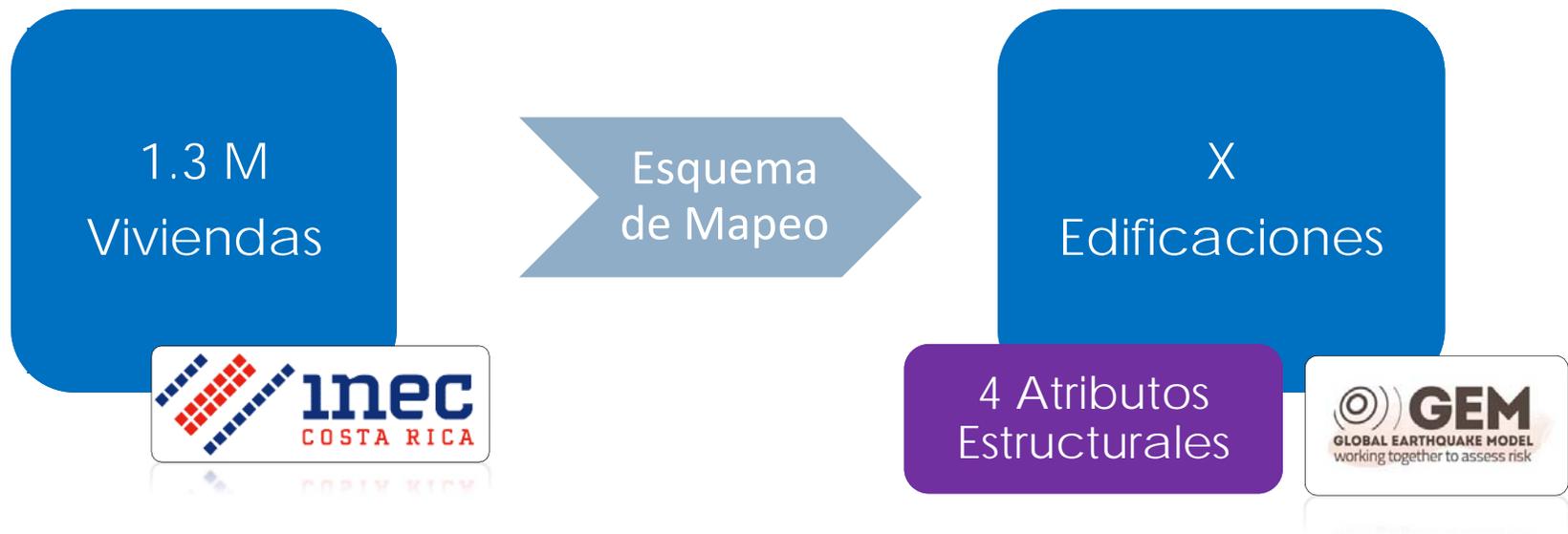
- Censos de vivienda de 1973-2011:
  - Escala administrativa más pequeña: el distrito.
  - 472 distritos en total.
  - Cubre construcción formal e informal.
  - Contiene 42 variables para clasificar las edificaciones.



# Base de datos para generar el inventario residencial

---

- Censo de Población y Vivienda 2011



# Esquema de Mapeo

---

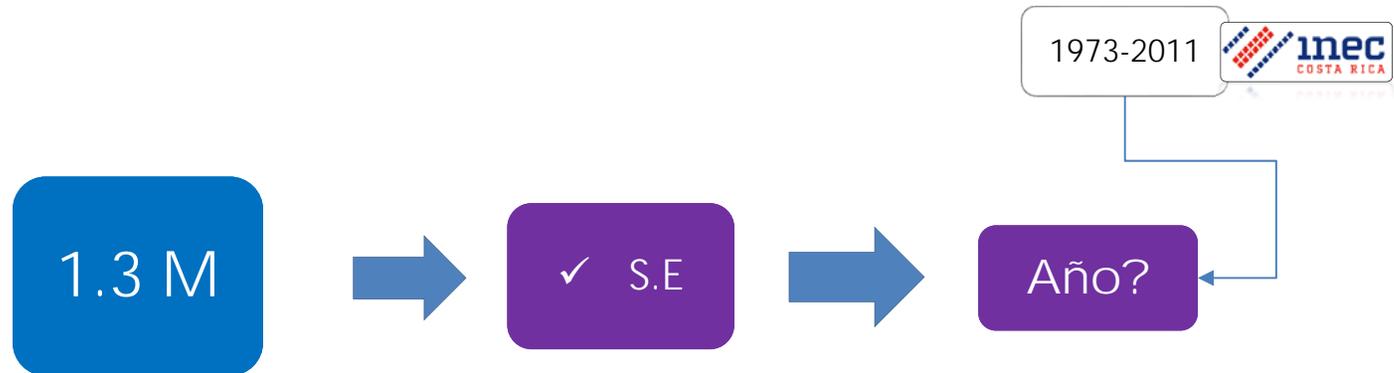
- Determinando el sistema estructural y materiales de construcción



# Esquema de Mapeo

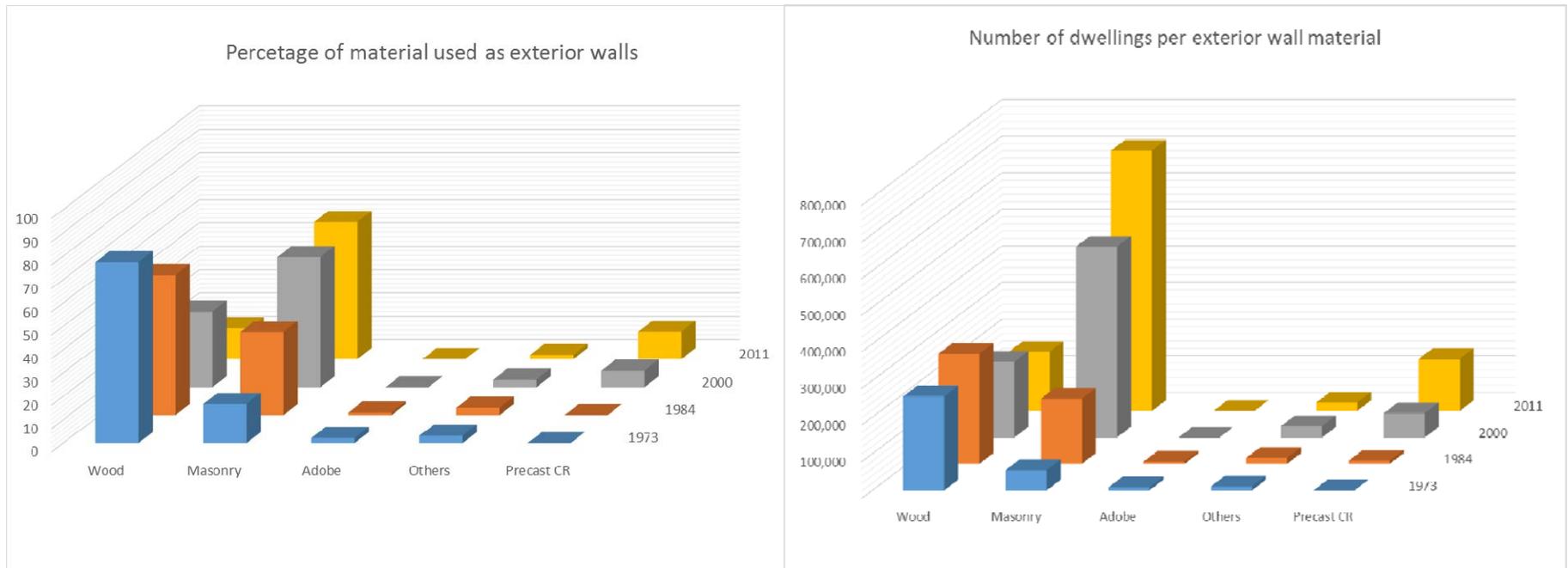
---

- Determinando el año de construcción



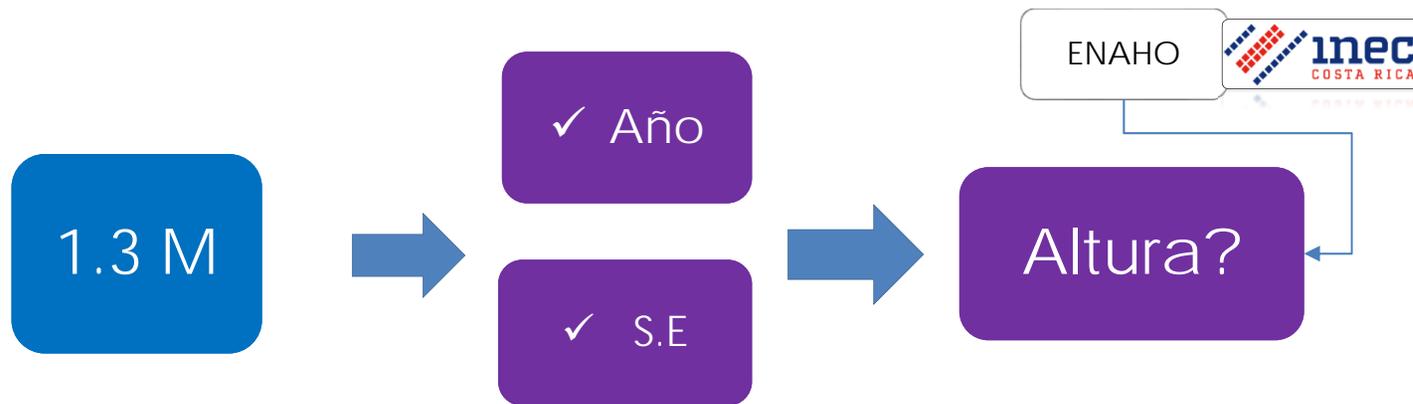
# Esquema de Mapeo

- Revisión de tendencias de construcción en los censos desde 1973



# Esquema de Mapeo

---

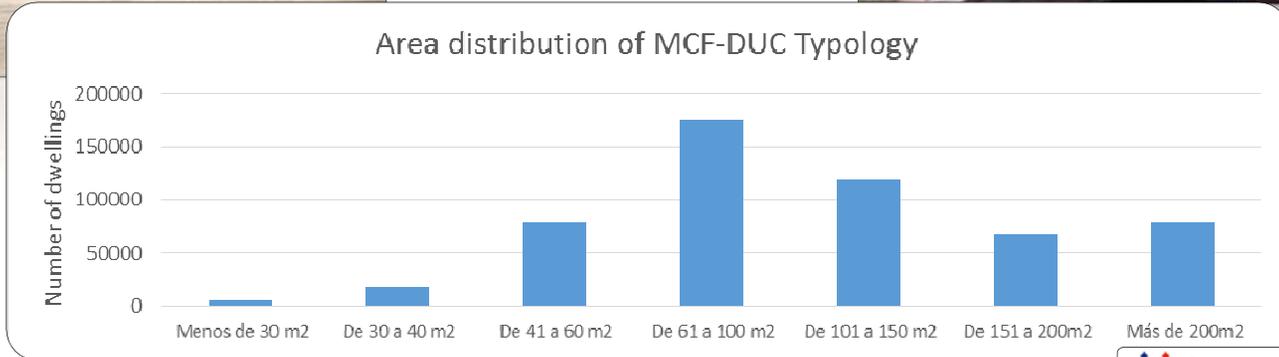


# Esquema de Mapeo

- Identificando la altura de las viviendas



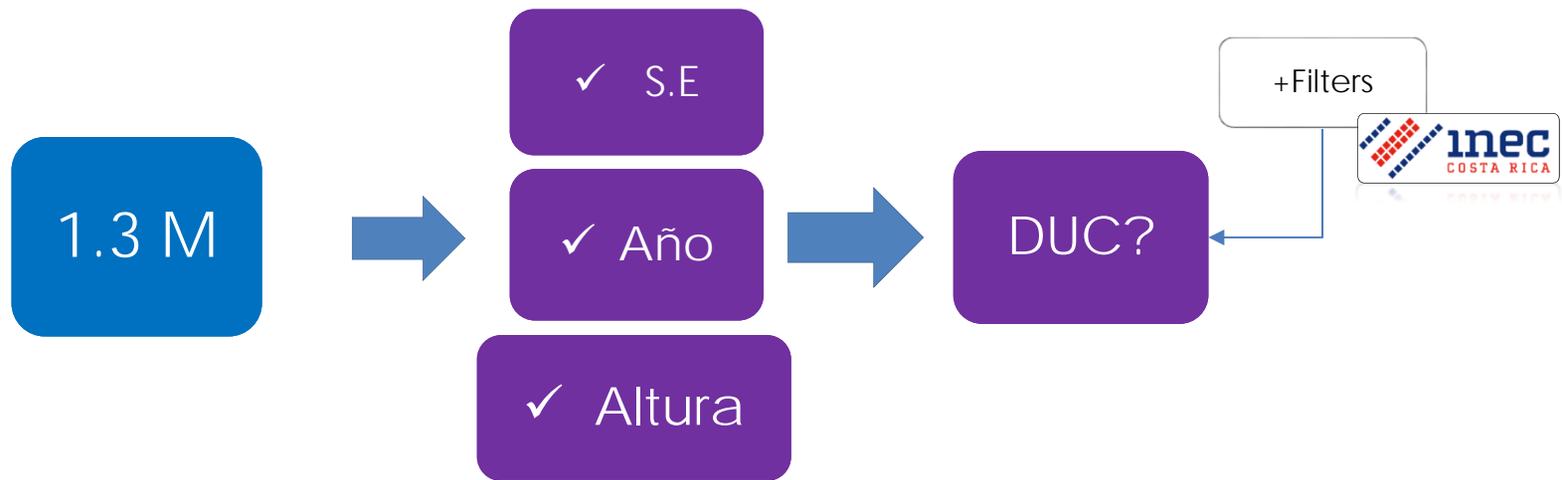
MCF



# Mapping Scheme Methodology

---

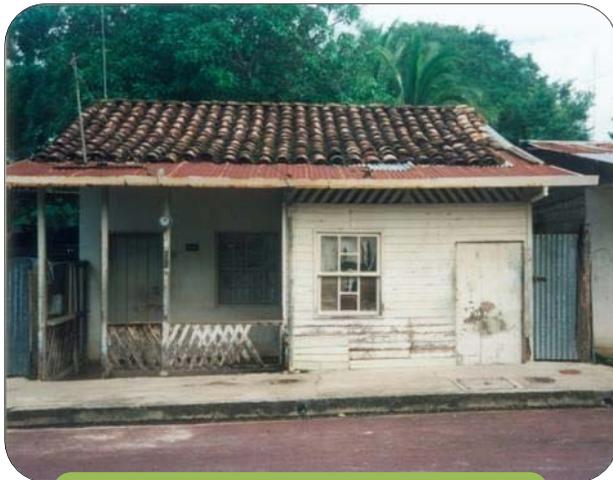
- Ductility level identification



# Esquema de Mapeo

---

- Identificando ductilidad esperada de las estructuras



WLI/LWALL+DNO

WLI/LWALL

Condición del techo

Condición de las paredes

Peso del techo

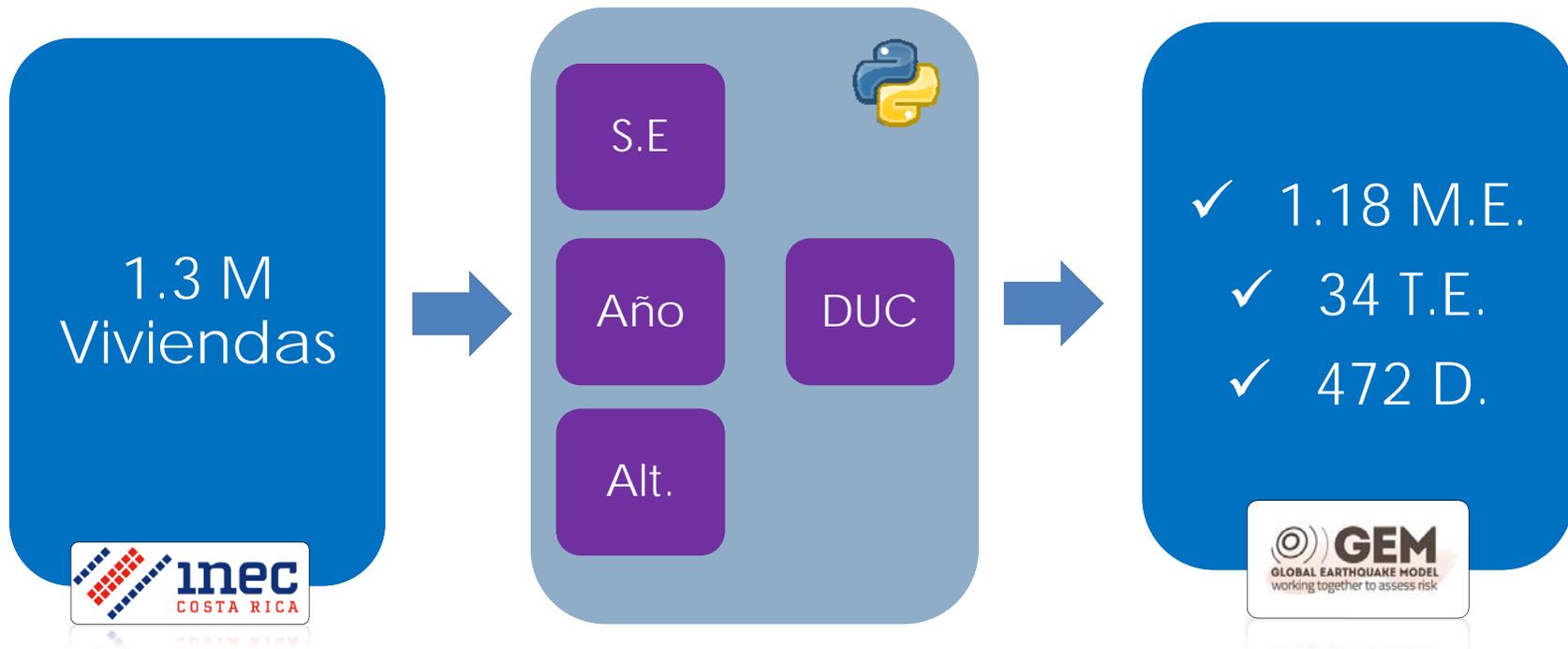


WLI/LWALL+DUC

# Esquema de Mapeo

---

- Implementación del esquema en 1.3 Millones de viviendas



# Costo de Reemplazo

---

- Debe definirse para las 34 clases de edificios identificadas



# Definición de tipología estructural (T.E)

---

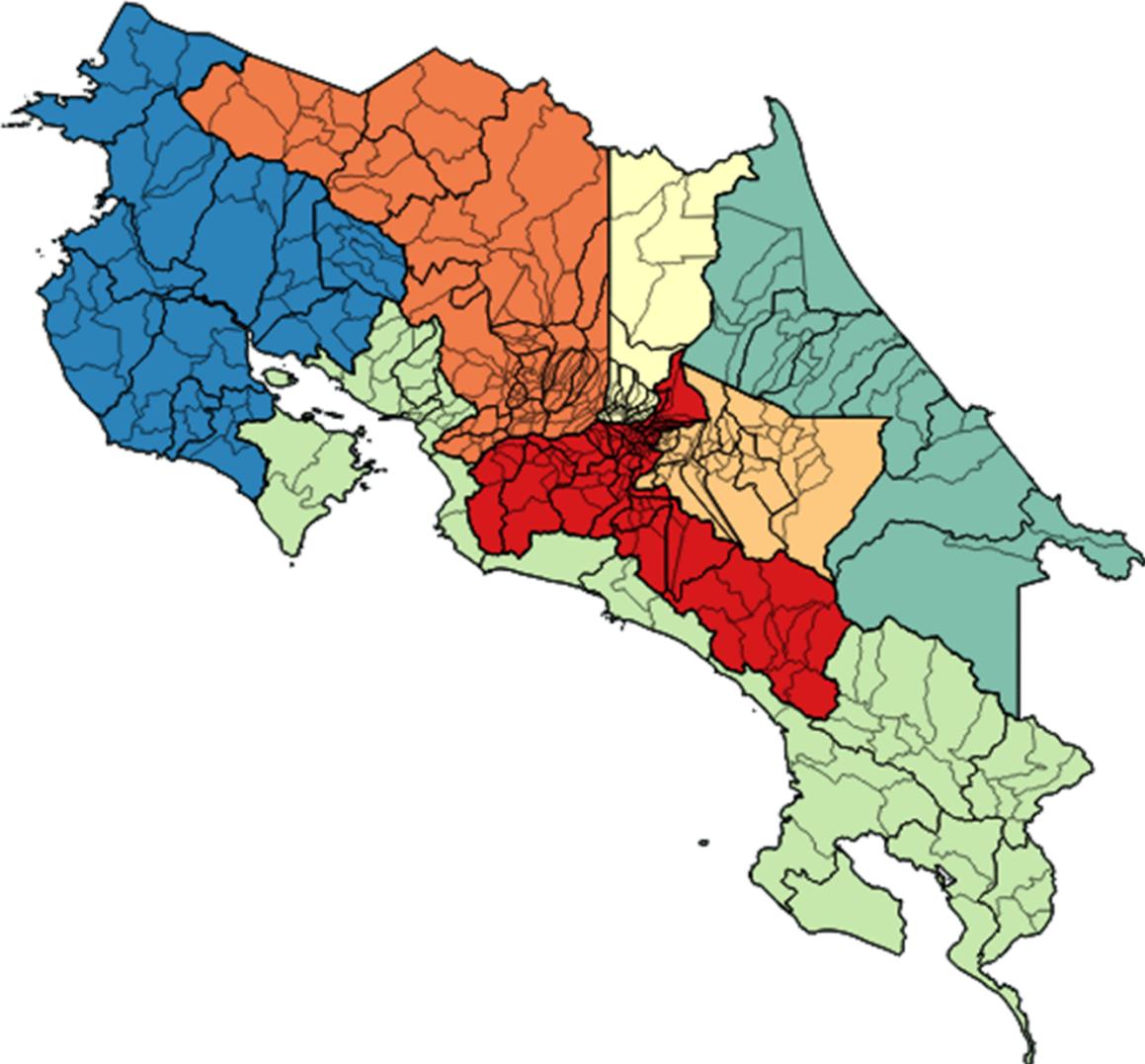
- Tipología Estructural con 4 atributos + área promedio + costo de remplazo



- ✓ CR+PC
- ✓ LWALL+DUC
- ✓ HEX:1
- ✓ YBET:1980,2010
- ✓ Área Prom.: 51 m<sup>2</sup>
- ✓ R.C.: \$ 22,593

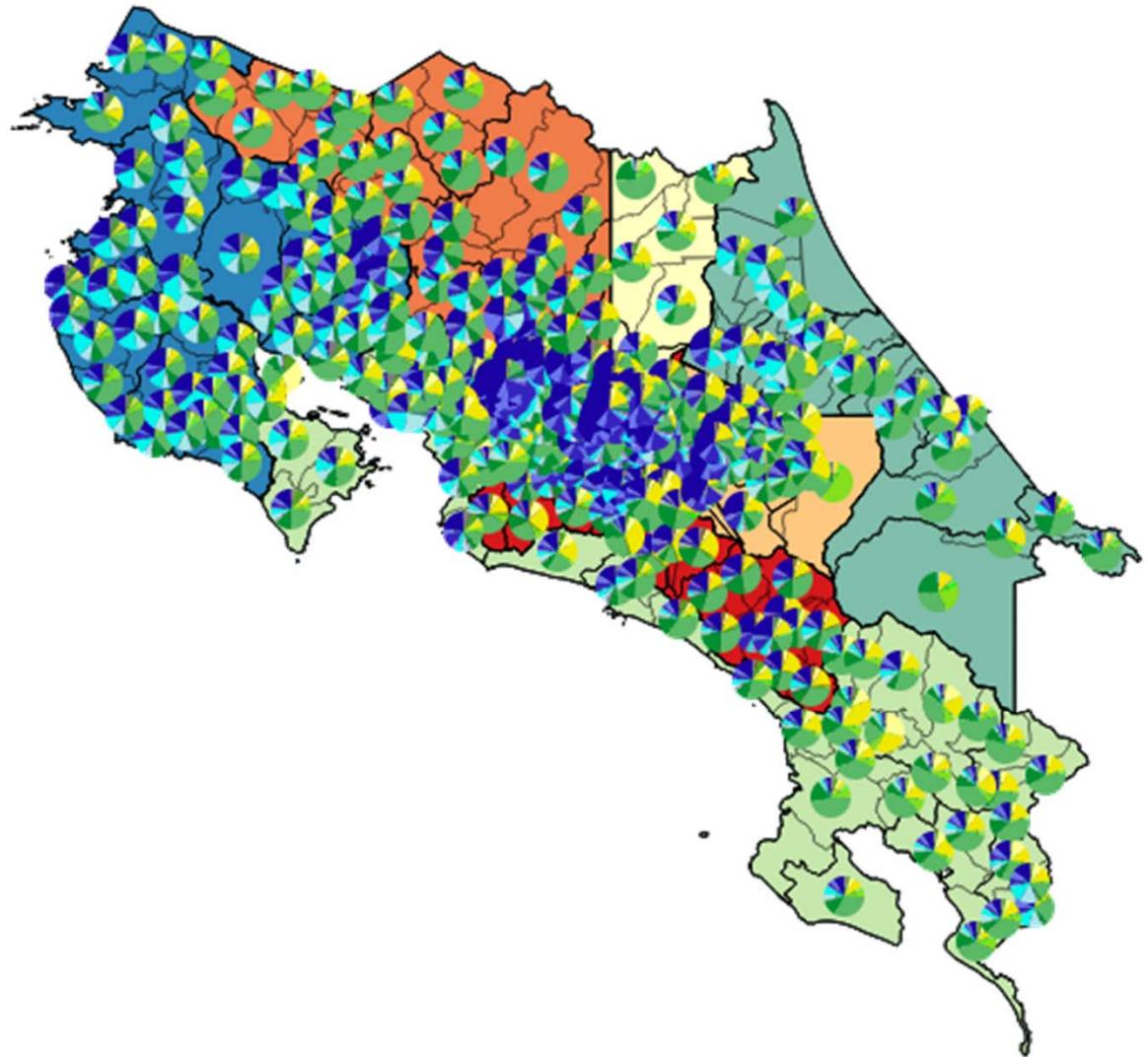
# Resultados del inventario nacional residencial

---

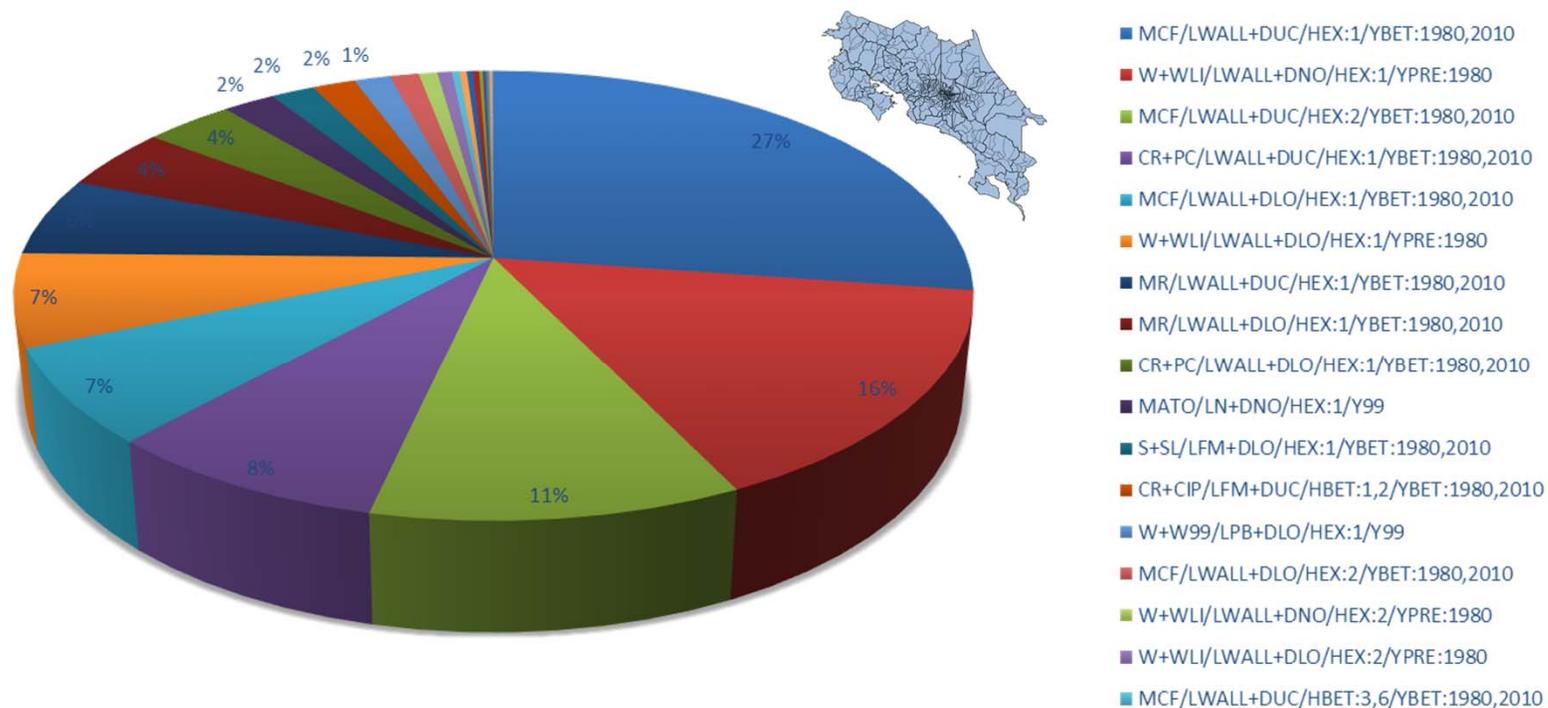


# Resultados del inventario nacional residencial

- MCF/LWALL+DUC/HEX:1/YBET:1980,2010
- MCF/LWALL+DUC/HEX:2/YBET:1980,2010
- W+WLI/LWALL+DNO/HEX:1/YPRE:1980
- MCF/LWALL+DLO/HEX:1/YBET:1980,2010
- CR+PC/LWALL+DUC/HEX:1/YBET:1980,2010
- W+WLI/LWALL+DLO/HEX:1/YPRE:1980
- MR/LWALL+DLO/HEX:1/YBET:1980,2010
- CR+PC/LWALL+DLO/HEX:1/YBET:1980,2010
- MR/LWALL+DUC/HEX:1/YBET:1980,2010
- MATO/LN+DNO/HEX:1/Y99
- CR+CIP/LFM+DUC/HBET:1,2/YBET:1980,2010
- MCF/LWALL+DLO/HEX:2/YBET:1980,2010
- S+SL/LFM+DLO/HEX:1/YBET:1980,2010
- W+WLI/LWALL+DNO/HEX:2/YPRE:1980
- W+WLI/LWALL+DLO/HEX:2/YPRE:1980
- W+W99/LPB+DLO/HEX:1/Y99
- MCF/LWALL+DUC/HBET:3,6/YBET:1980,2010



# Resultados del inventario nacional residencial



95% de los edificios están concentrados en 11 clases de baja altura (1 a 2 pisos)

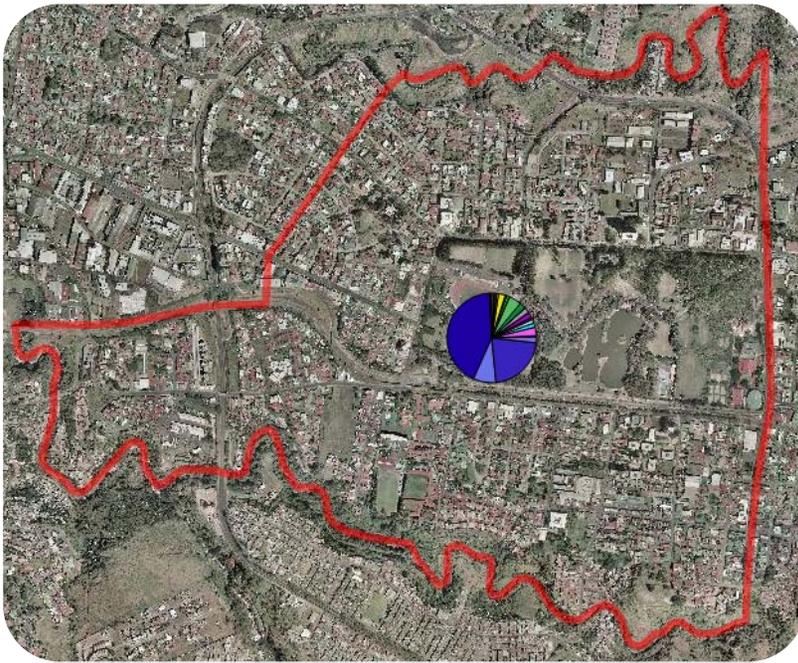
# Resultados del inventario nacional residencial

---



Mata Redonda

Mercedes

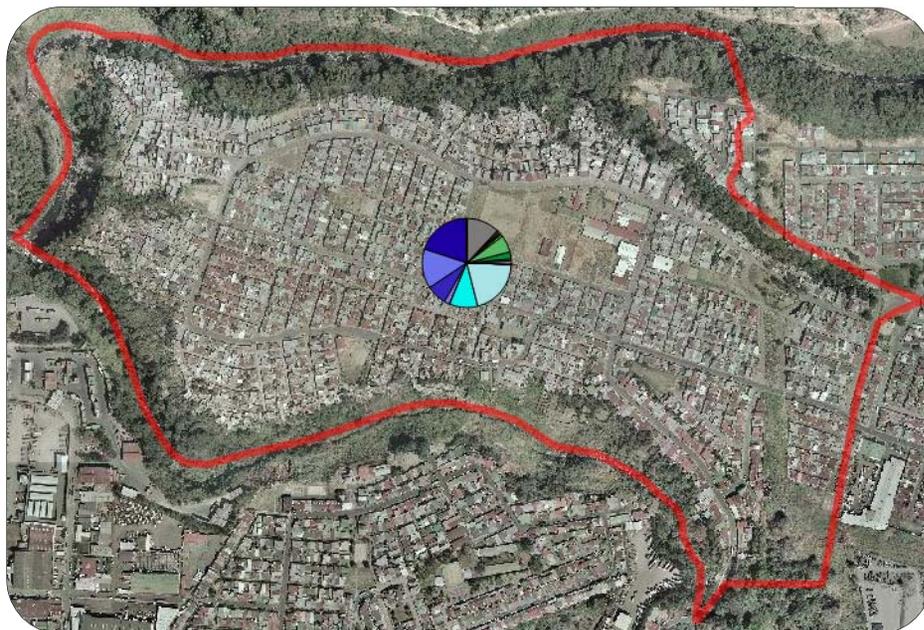


# Resultados del inventario nacional residencial

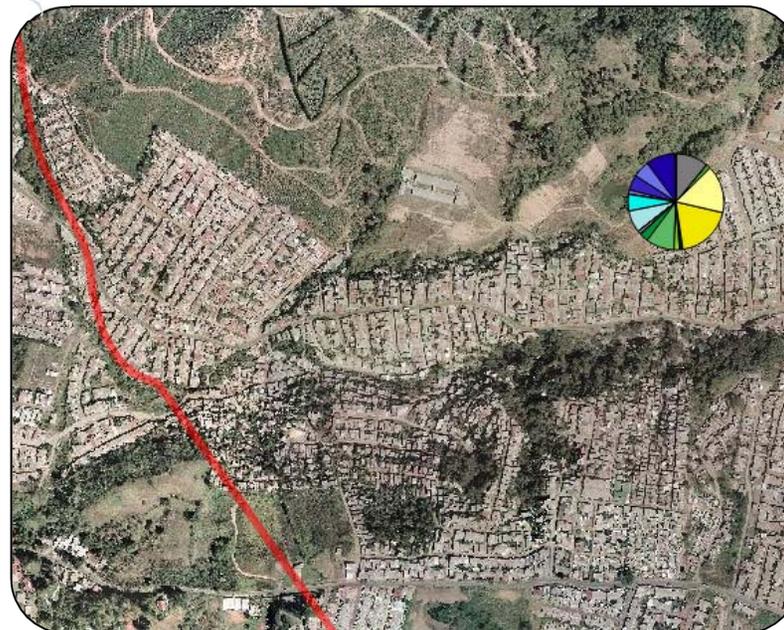
---



Leon XIII



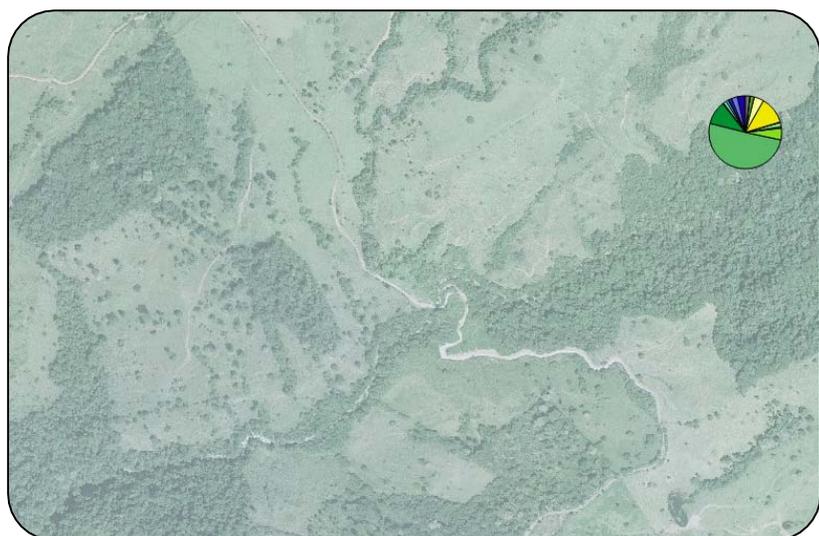
Los Guido



# Resultados del inventario nacional residencial

---

Talamanca

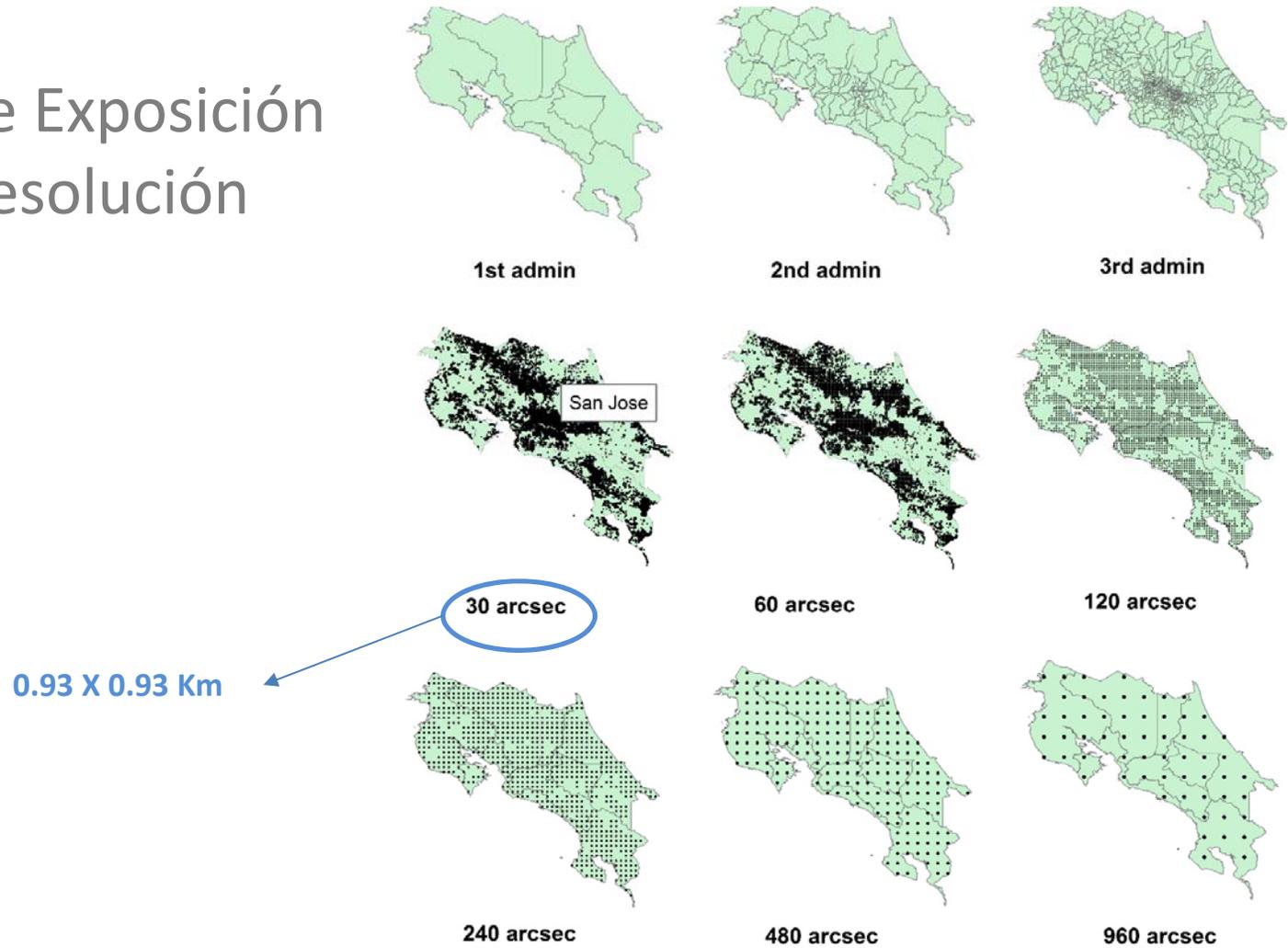


Isla Chira



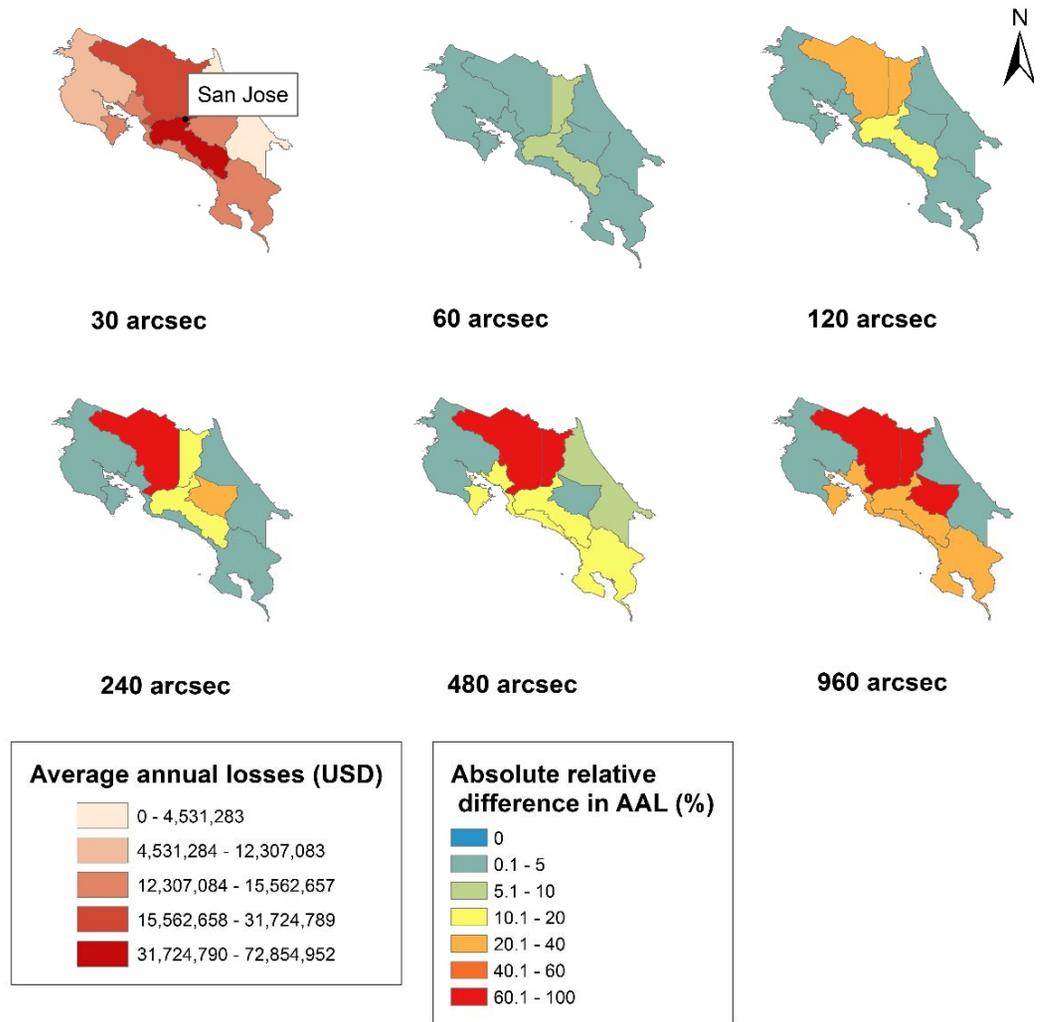
# Validación del modelo de exposición

## Modelo de Exposición Multi-resolución

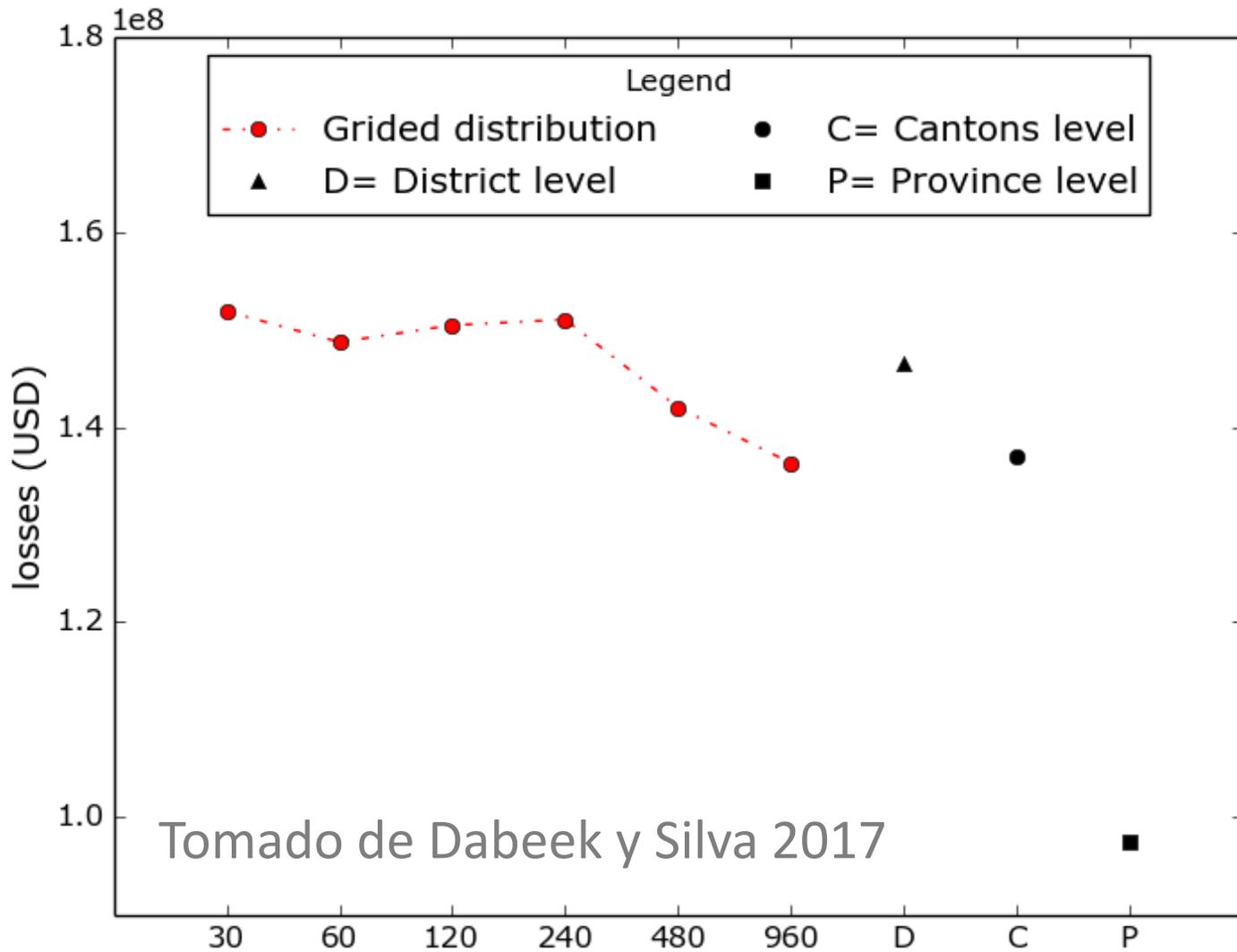


# Validación del modelo de exposición

## Modelo de Exposición Multi-resolución



# Validación del modelo de exposición

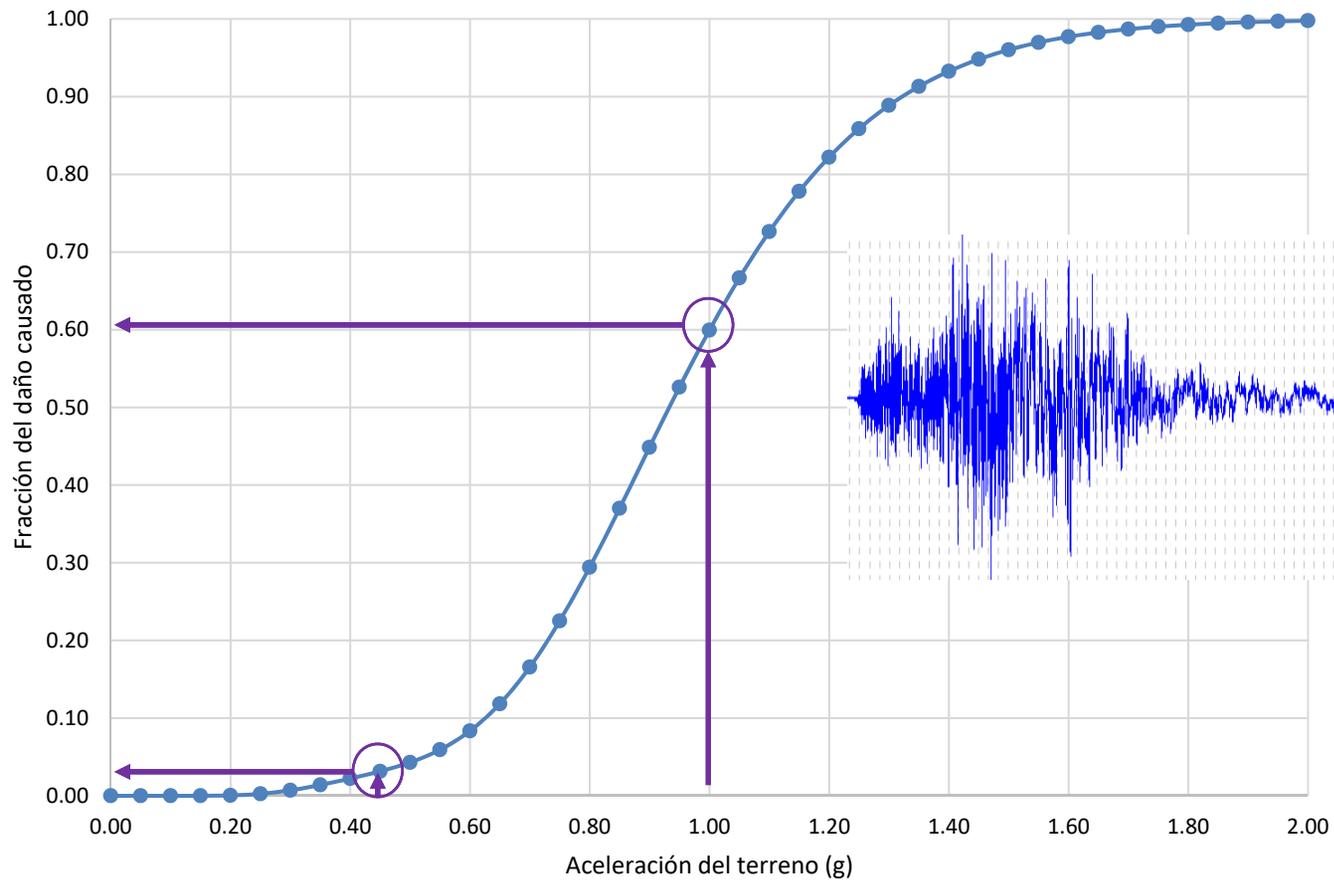




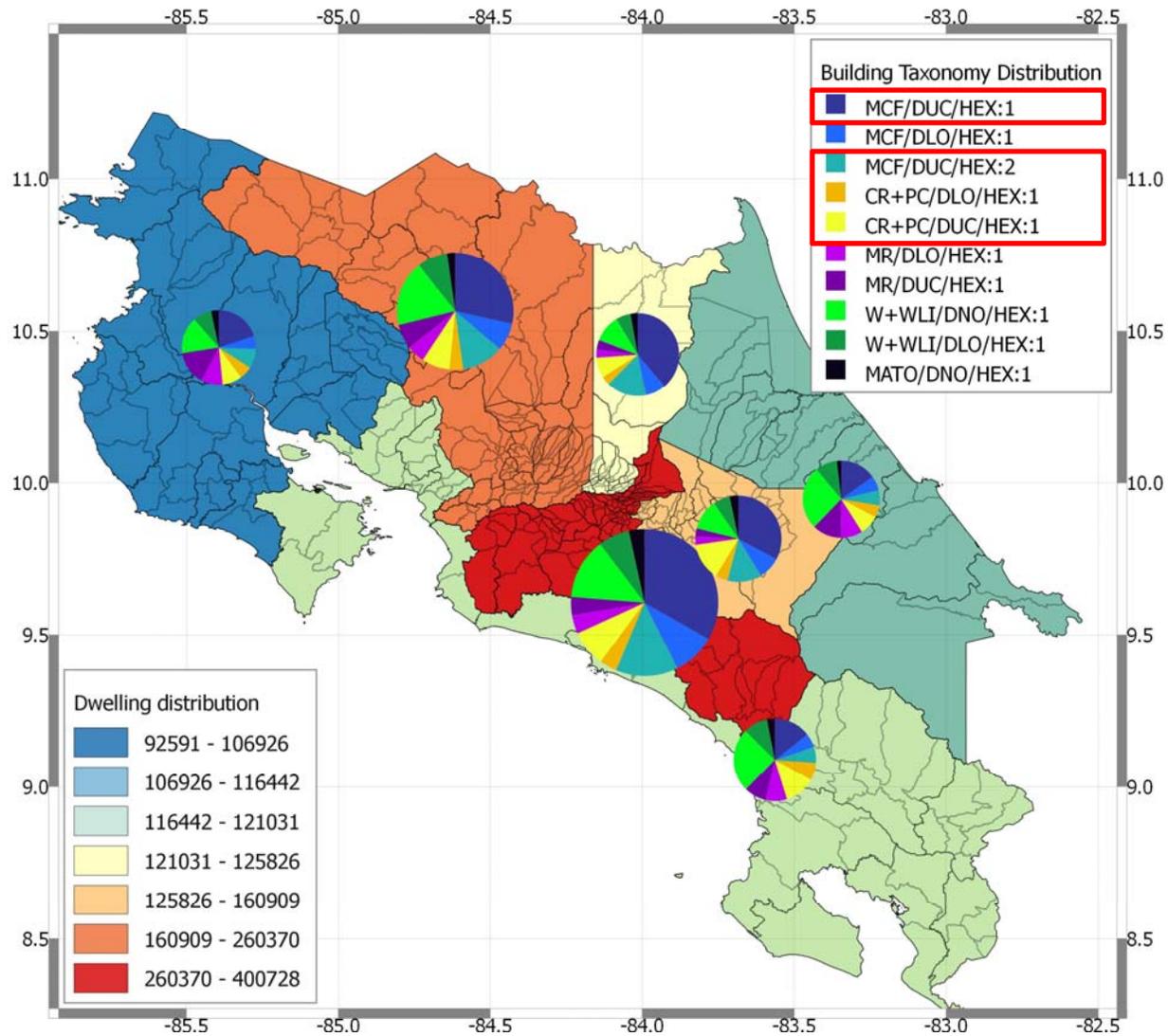
Vulnerabilidad  
del Sector  
Residencial

# Definición de vulnerabilidad en términos sísmicos

Casas de mampostería - 2 pisos - Buena calidad



# Modelos de vulnerabilidad desarrollados



# Modelos de vulnerabilidad desarrollados

---



MCF/LWALL+DUC/H:1



MCF/LWALL+DUC/H:2

CR+PC/LWALL+DUC/H:1



CR+PC/LWALL+DLO/H:1

# Modelos de vulnerabilidad desarrollados

MCF/LWALL+DUC/H:1

MCF/LWALL+DUC/H:2

CR+PC/LWALL+DUC/H:1

CR+PC/LWALL+DLO/H:1

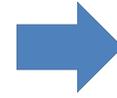
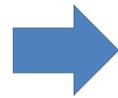


**BC  
CR** BANCO  
CENTRAL DE  
COSTA RICA

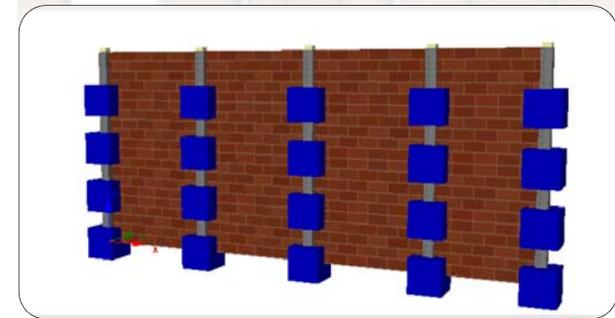
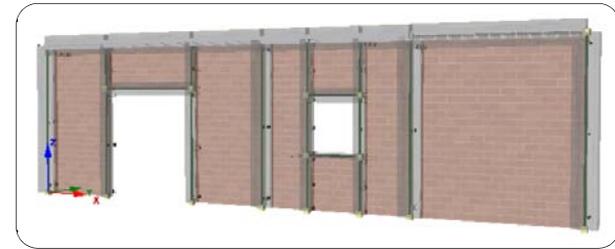


Tomados de los prototipos constructivos de  
BCCR (2015)

# Modelos de vulnerabilidad desarrollados



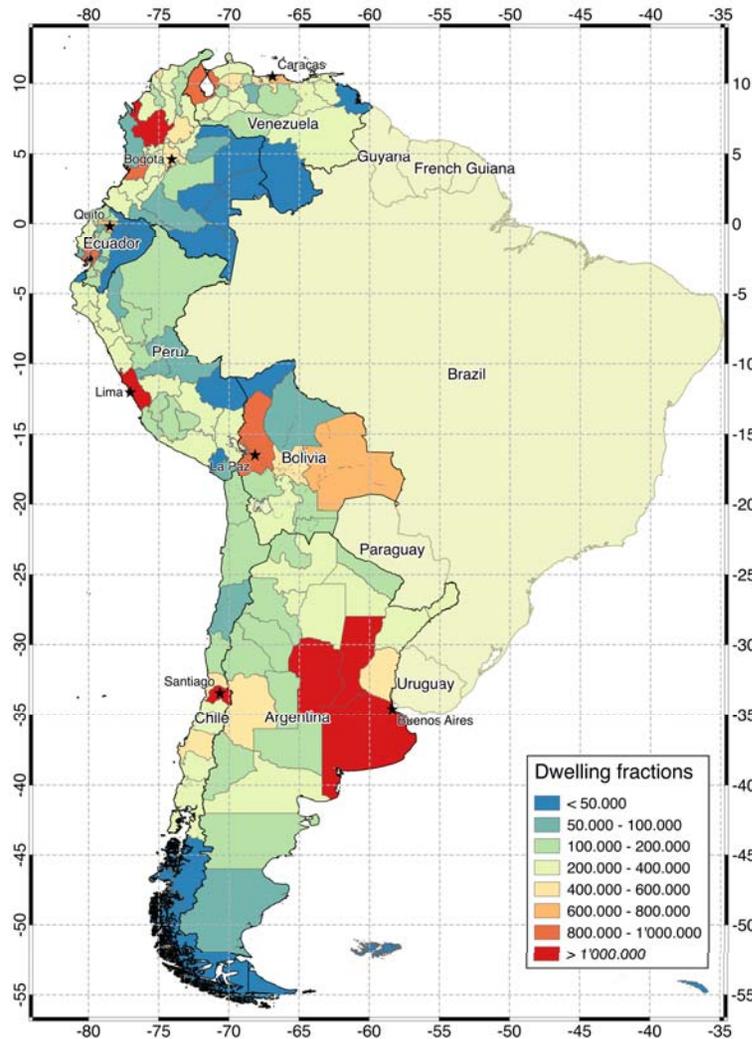
Análisis  
Estructurales de  
los prototipos



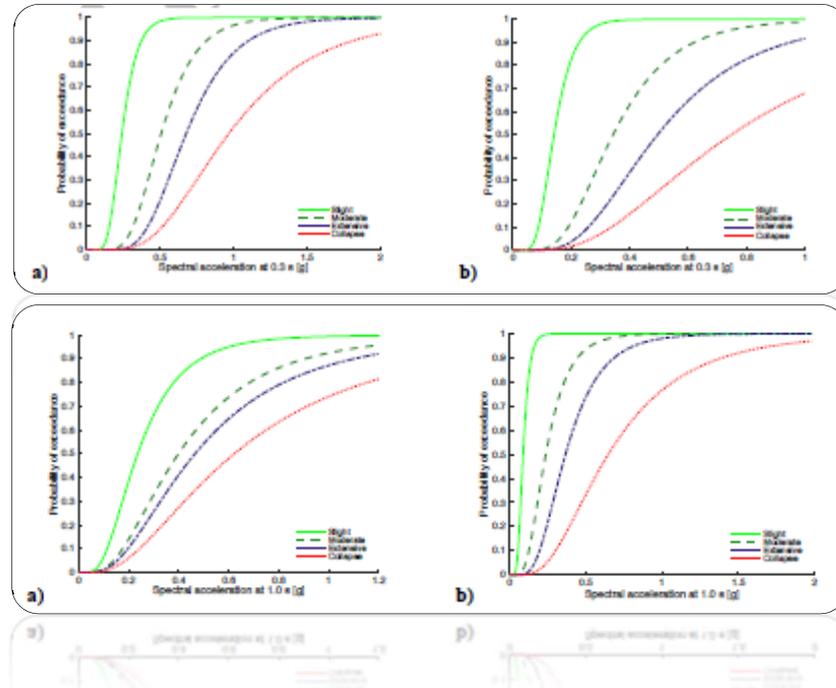
# Catalogo de vulnerabilidad completo

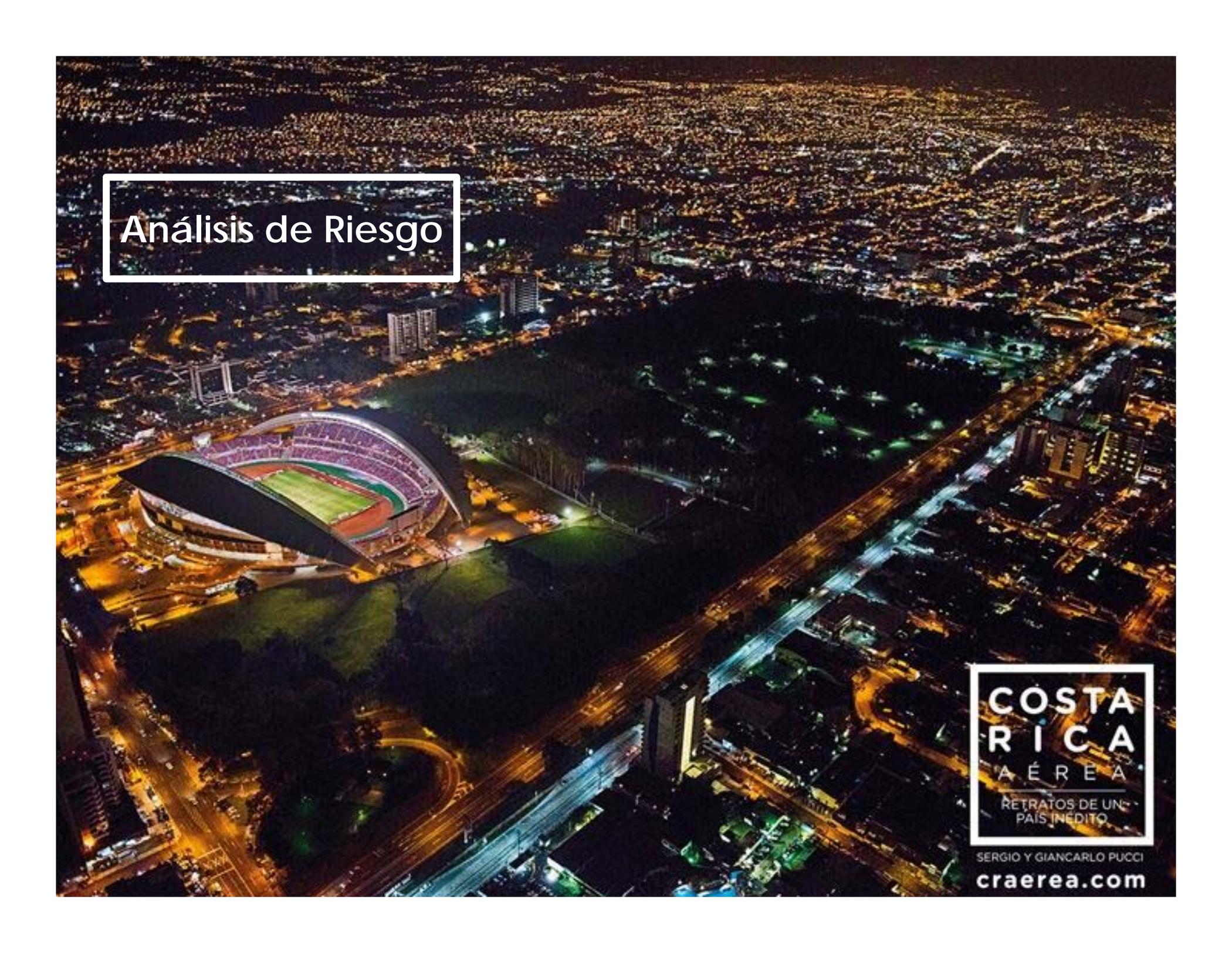


# Catálogo de vulnerabilidad completo



El resto de los modelos de vulnerabilidad se tomaron del proyecto SARA (GEM, 2015)



An aerial night photograph of a city, likely San José, Costa Rica. The image shows a dense urban area with numerous lights from buildings and streets. A prominent feature is a large, modern stadium with a curved roof, illuminated from within. A multi-lane highway with light trails from traffic runs diagonally across the lower right portion of the image. The overall scene is a vibrant, illuminated urban landscape.

# Análisis de Riesgo

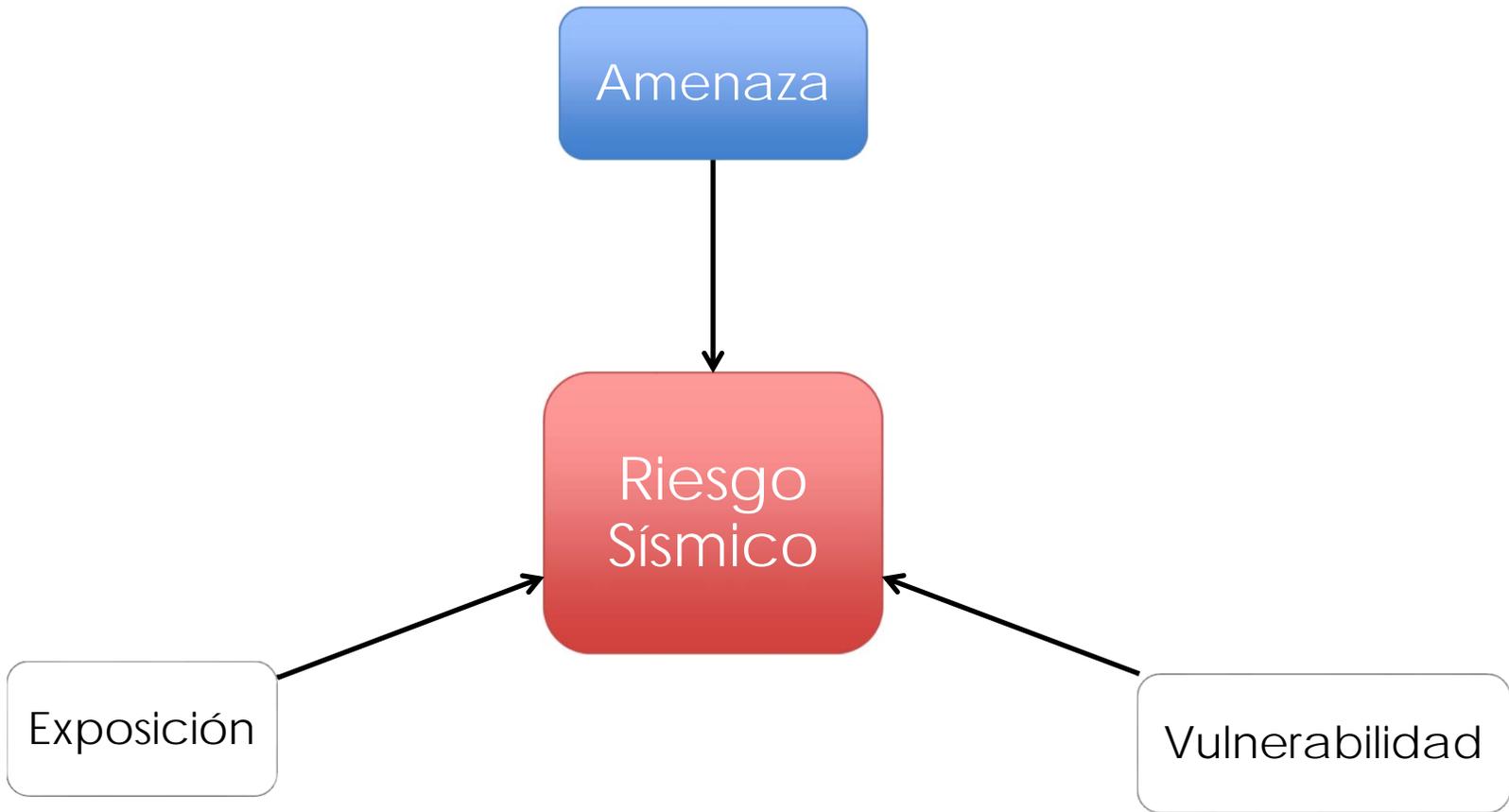
COSTA  
RICA  
AÉREA  
RETRATOS DE UN  
PAÍS INÉDITO

SERGIO Y GIANCARLO PUCCI

[craerea.com](http://craerea.com)

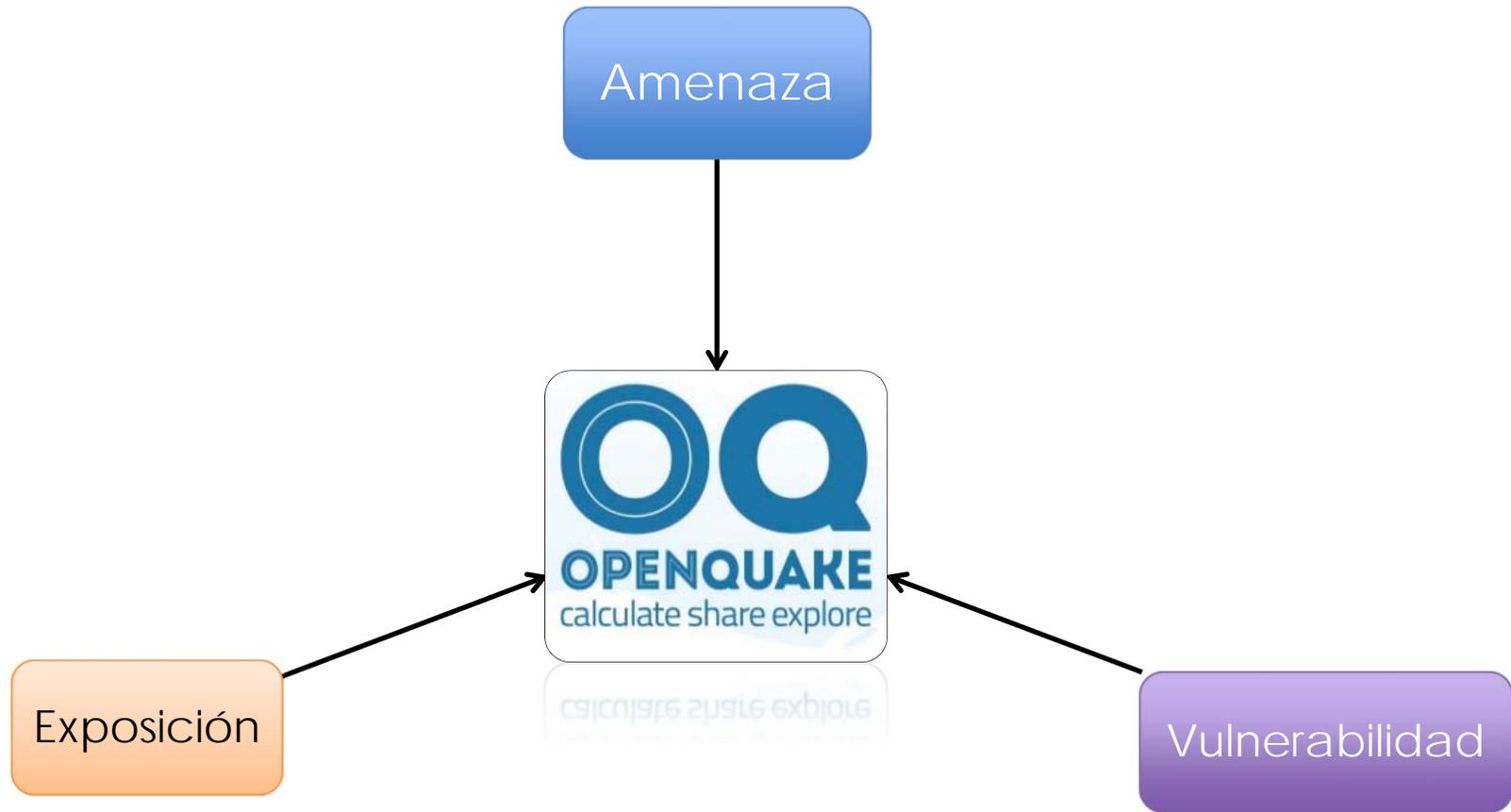
# Modelo completo

---

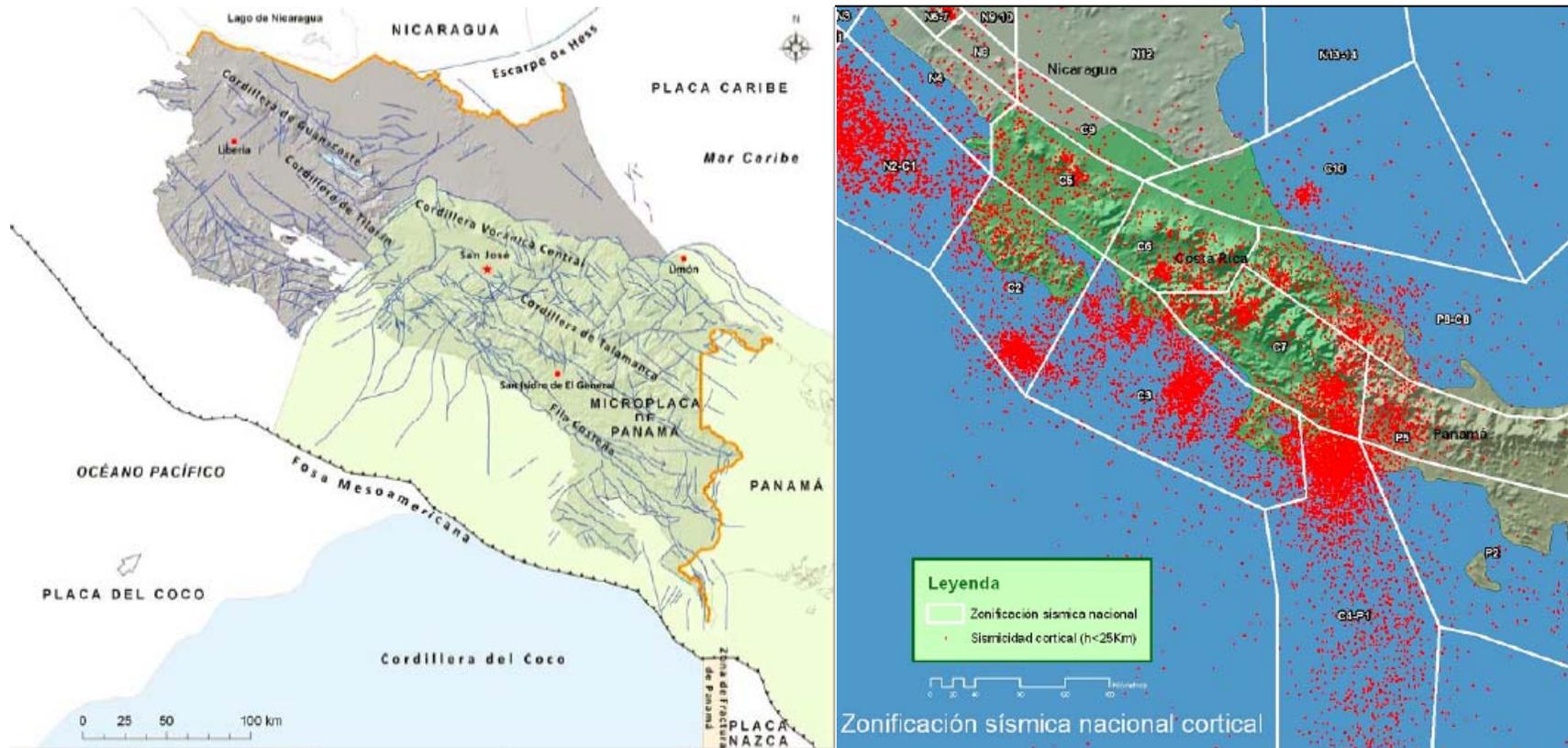


# Modelo completo

---



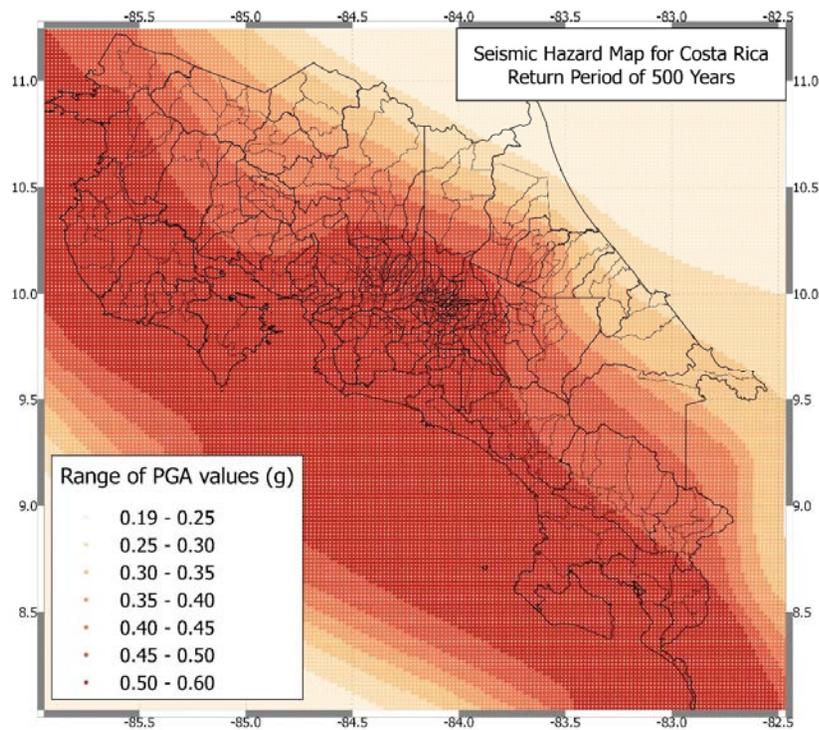
# Implementación del modelo de amenaza en OpenQuake



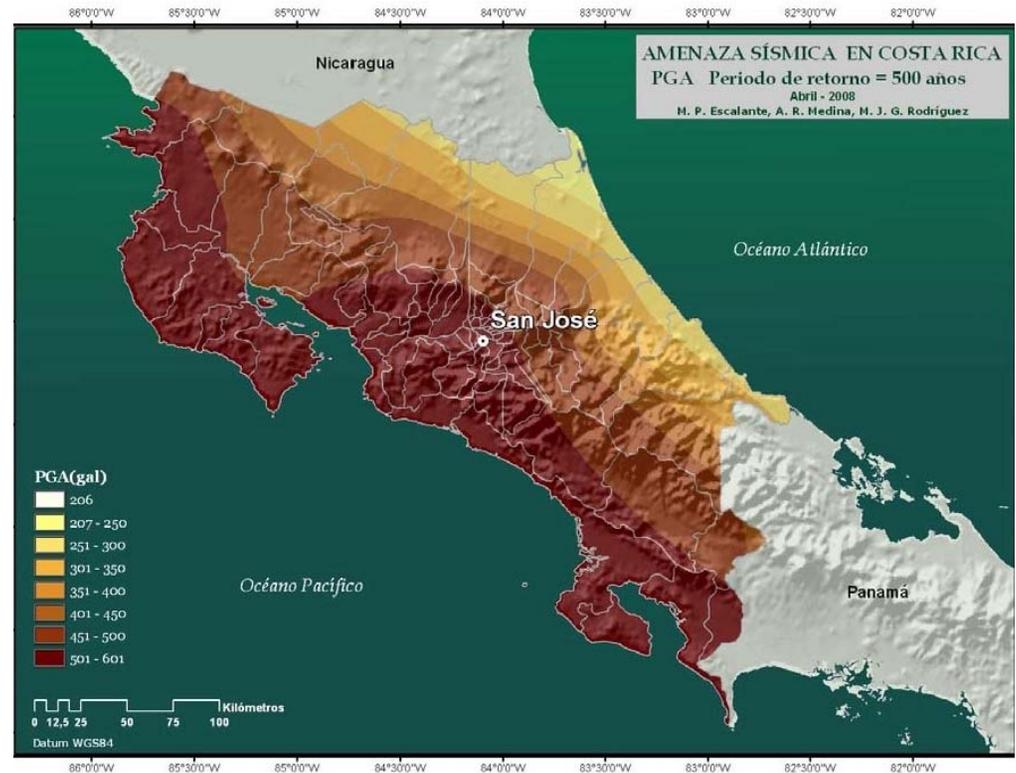
Tomado del proyecto RESIS II

# Validación del modelo de amenaza en OpenQuake

Proyecto RESIS II en OpenQuake



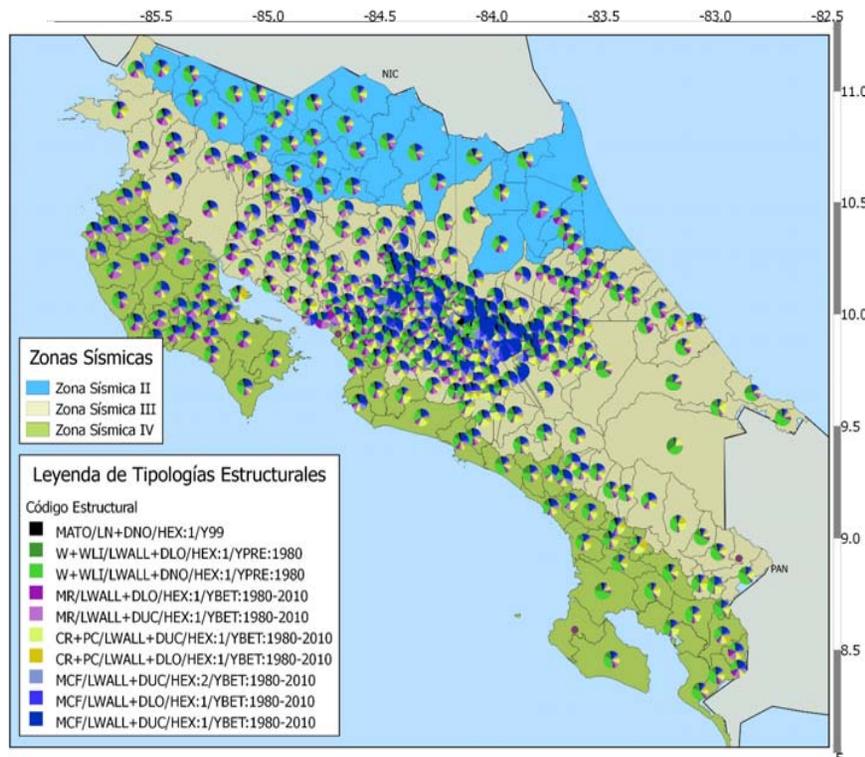
Proyecto RESIS II original



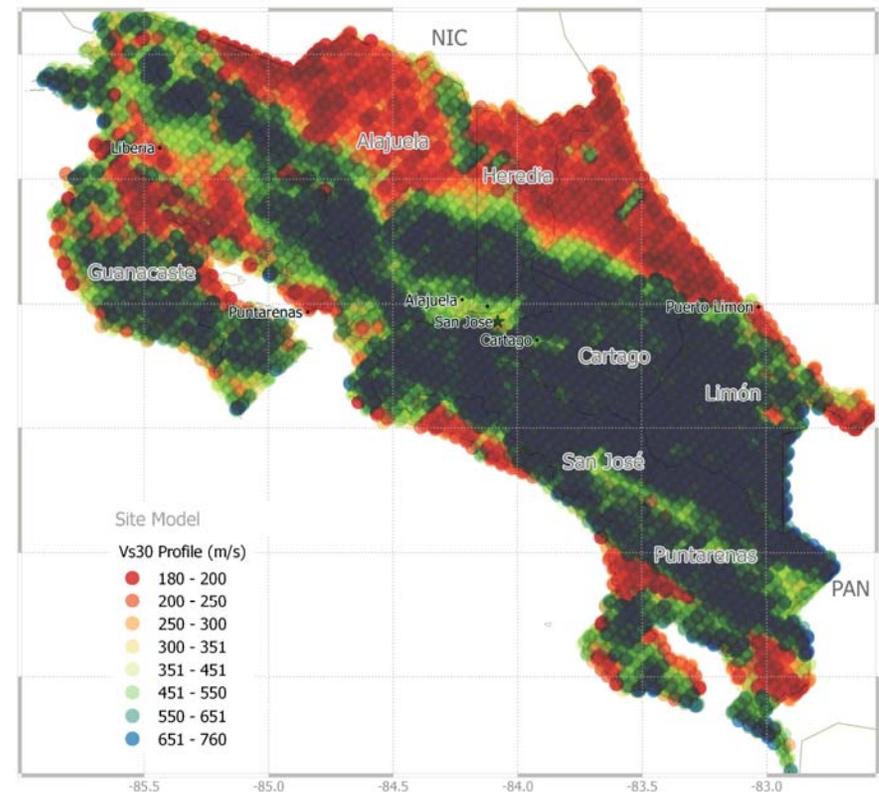
National Hazard Map for Return Period of 475 years

# Implementación del modelo de amenaza en OpenQuake

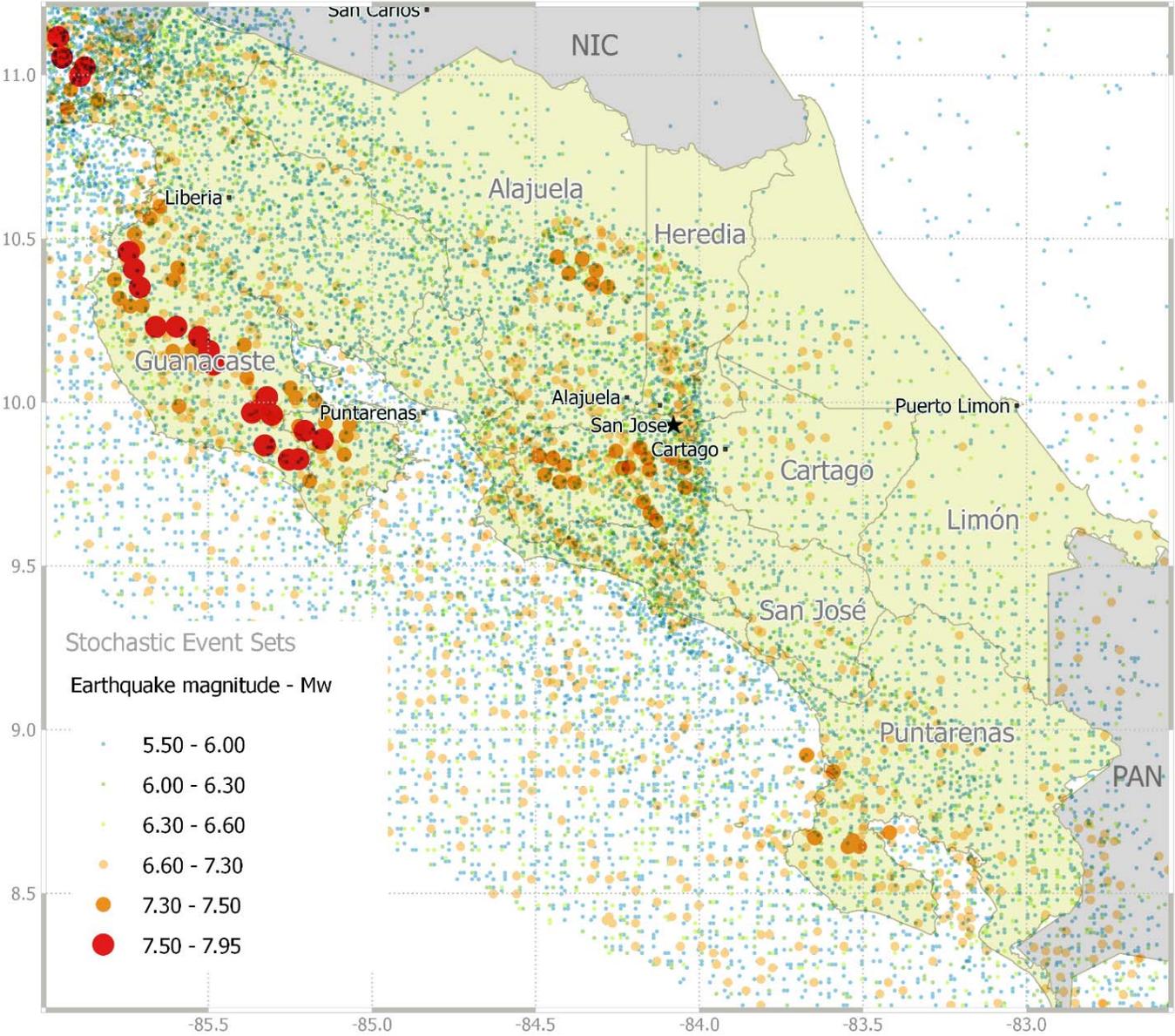
## Exposición del inventario



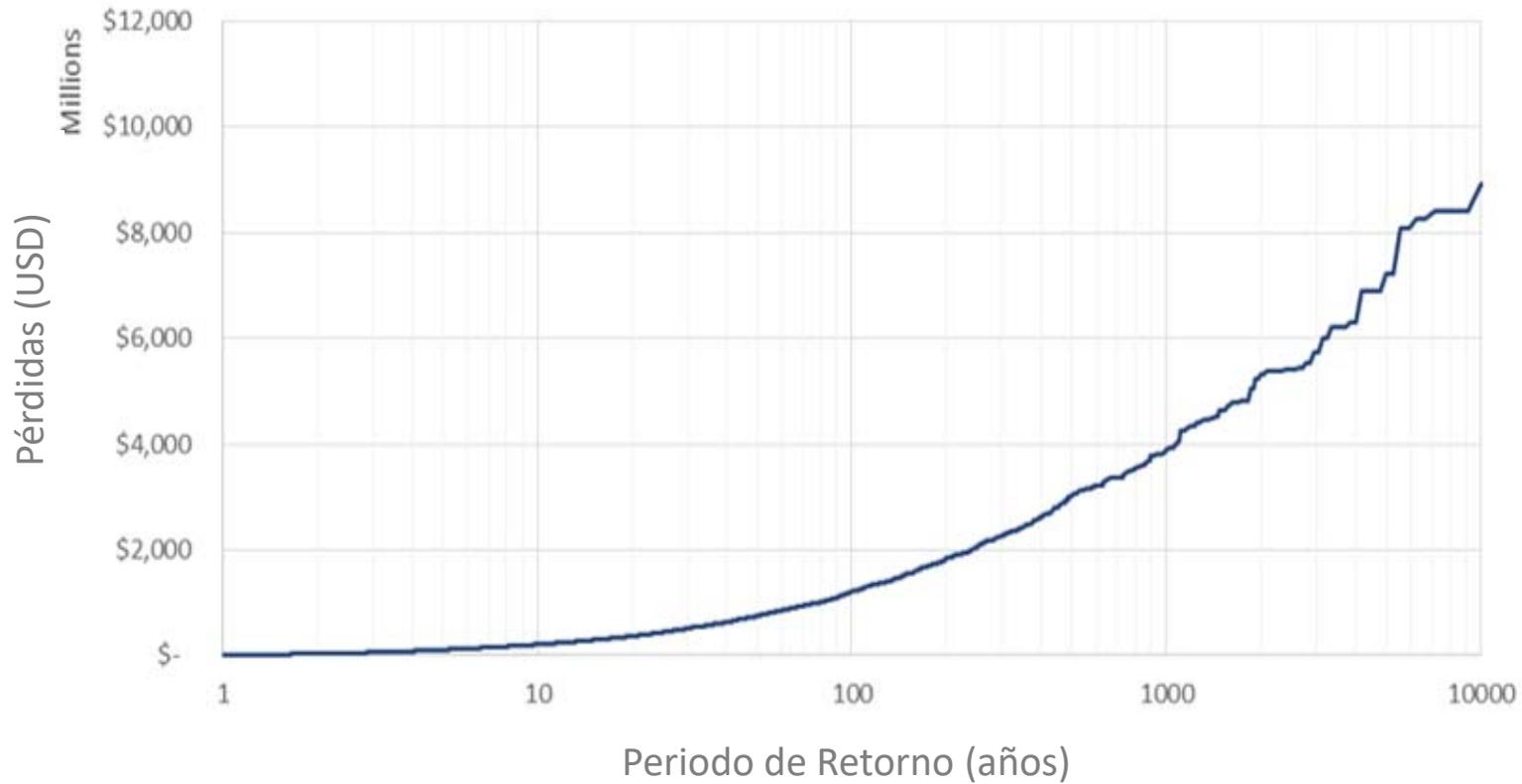
## Condiciones de suelos locales



# Análisis basado en eventos estocásticos

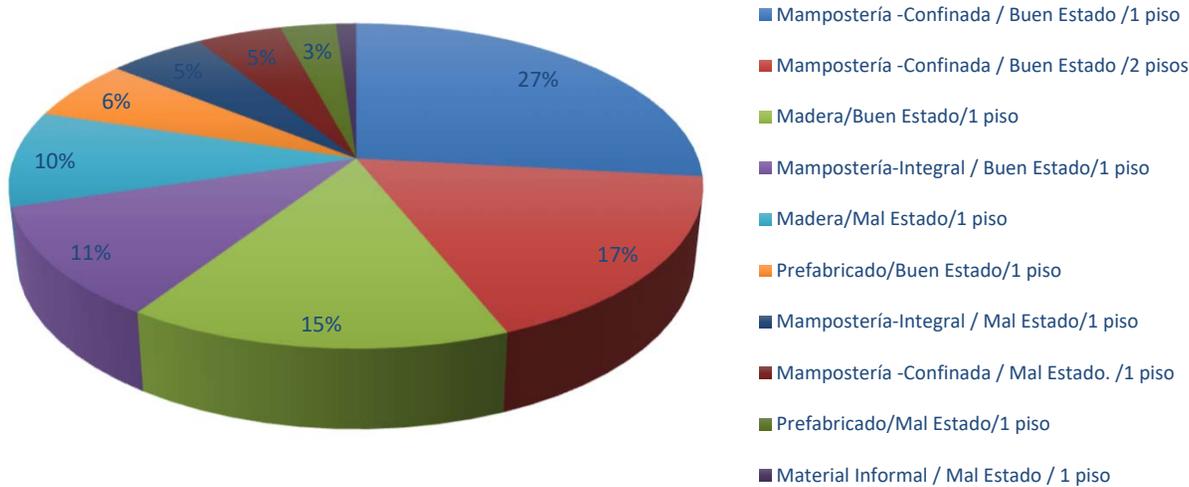


# Indicadores generales de riesgo

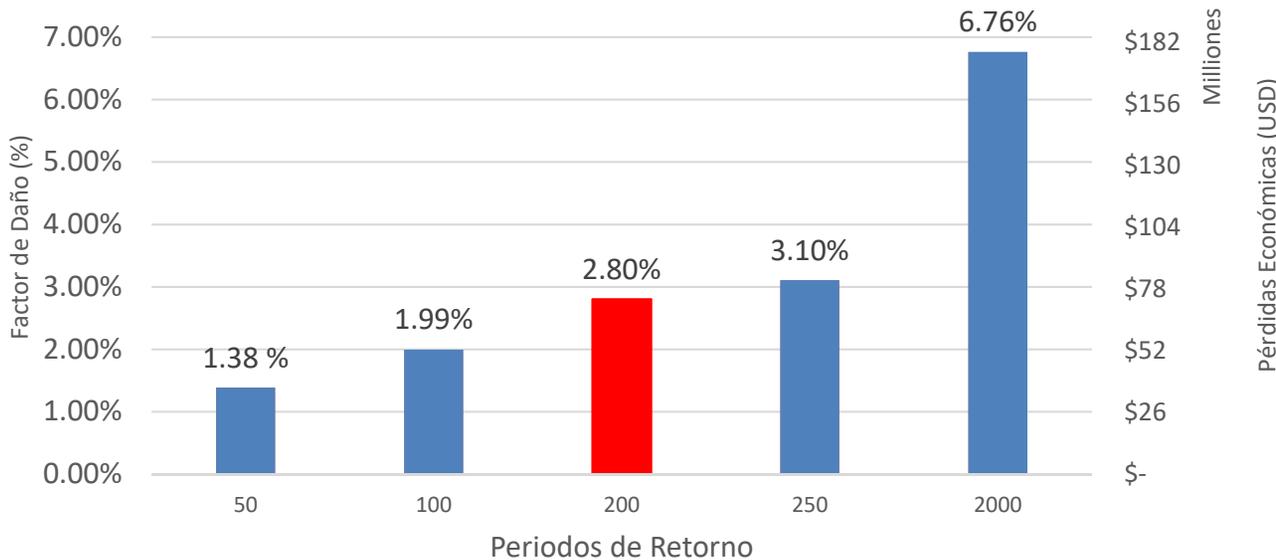


Curva de Máxima Pérdida Probable para Costa Rica

# Métricas de Riesgo por Zona Sísmica

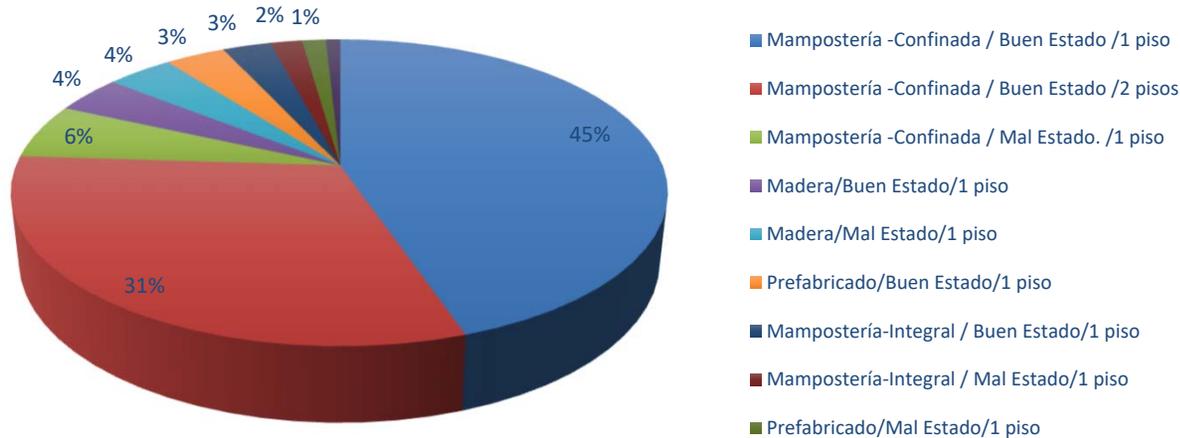


Características del Portafolio de Estructuras en Zona Sísmica II  
 Valor: **\$2.6 BILL. USD**

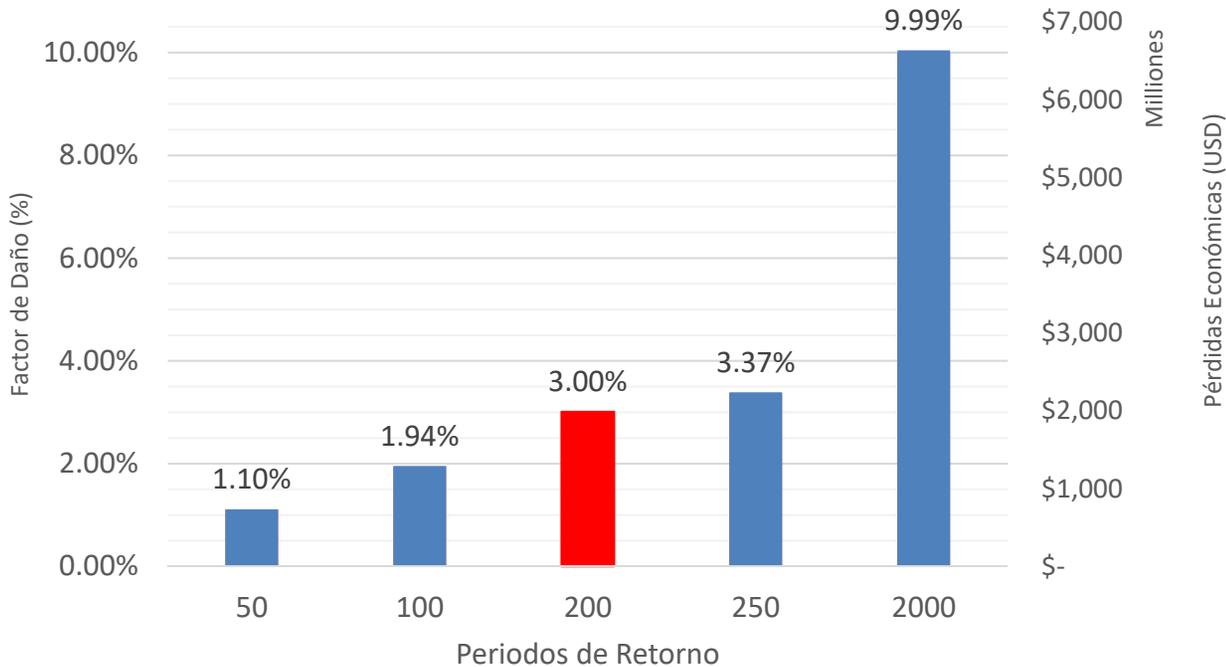


Métricas de Riesgo para la Zona Sísmica II

# Métricas de Riesgo por Zona Sísmica

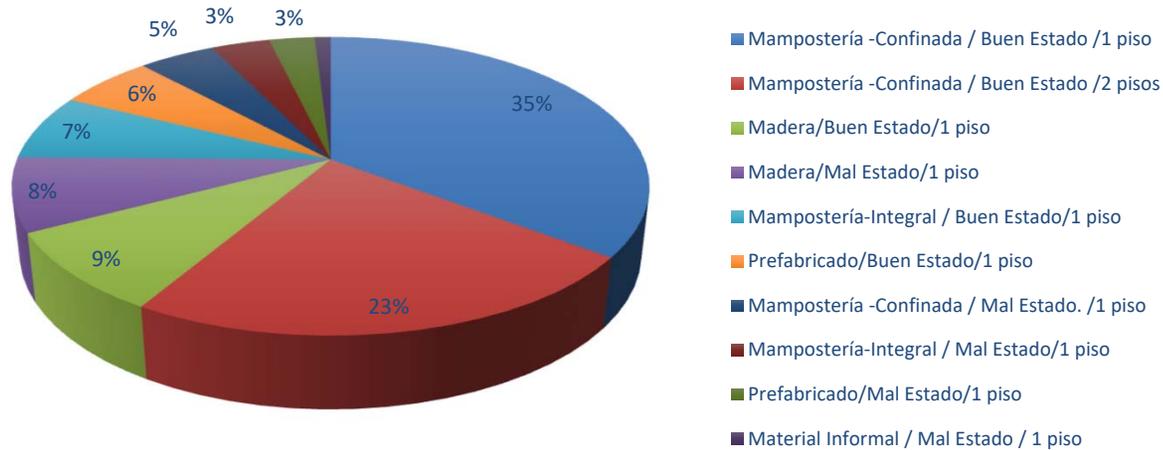


Características del Portafolio de Estructuras en Zona Sísmica III  
**Valor: \$66 BILL. USD**

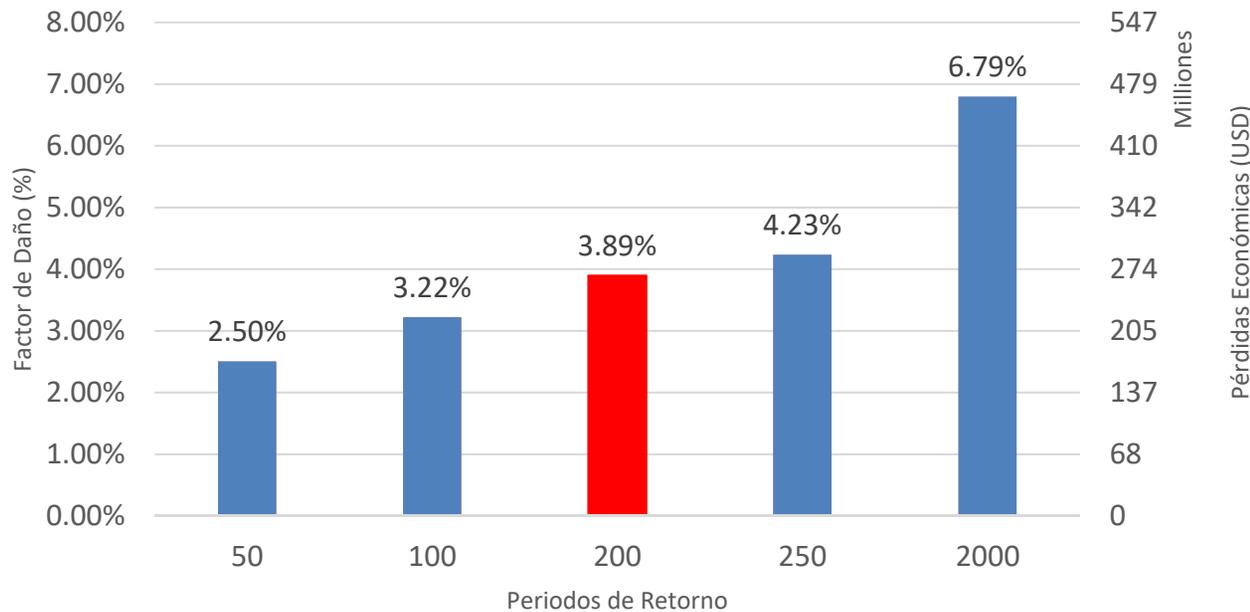


Métricas de Riesgo para la Zona Sísmica III

# Métricas de Riesgo por Zona Sísmica

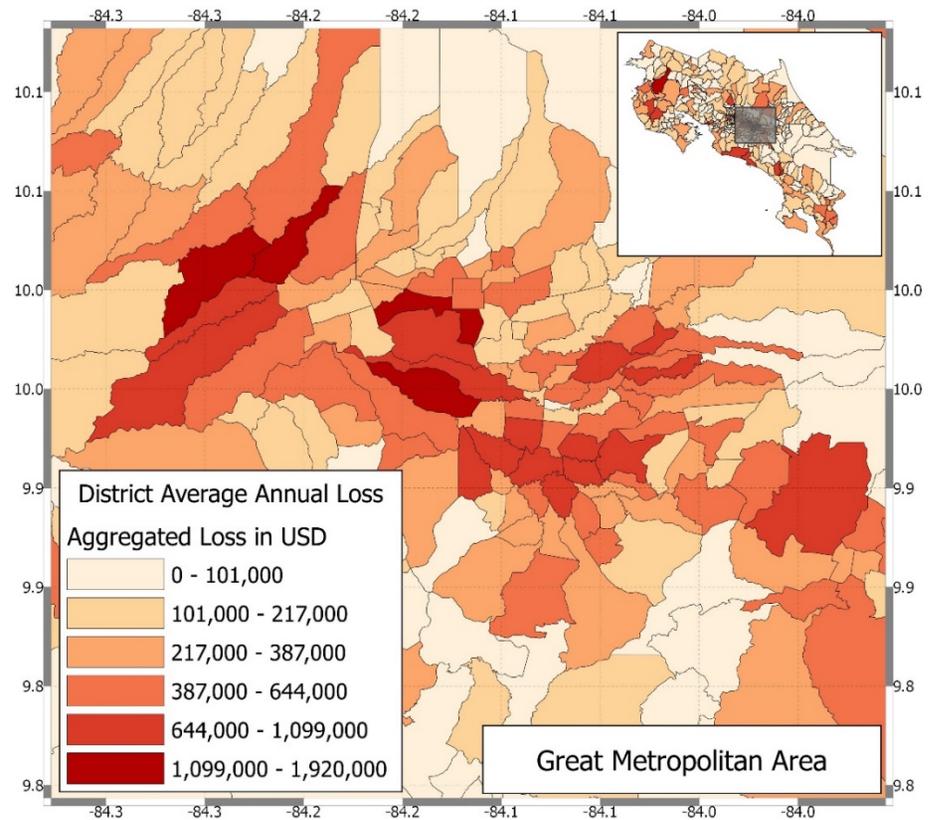
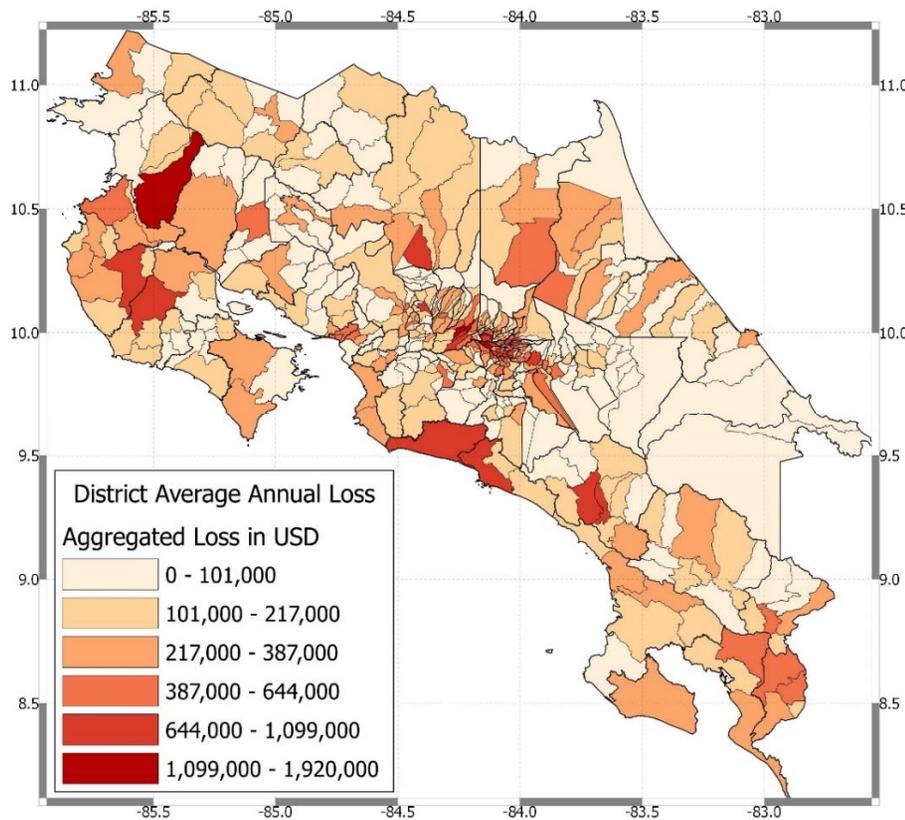


Características del Portafolio de Estructuras en Zona Sísmica IV  
**Valor: \$6.8 BILL. USD**



Métricas de Riesgo para la Zona Sísmica IV

# Pérdidas analizadas por distrito



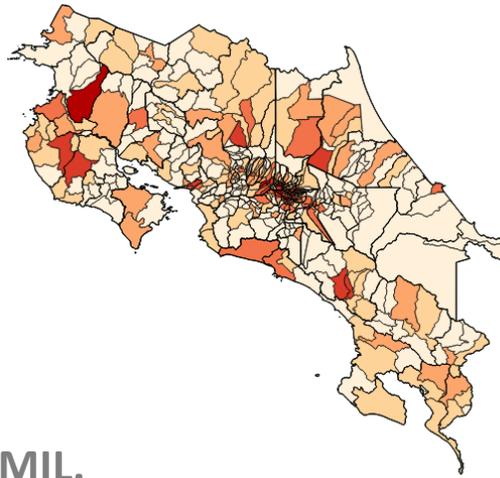
# Perfil de riesgo para Costa Rica

## Indicadores sociales

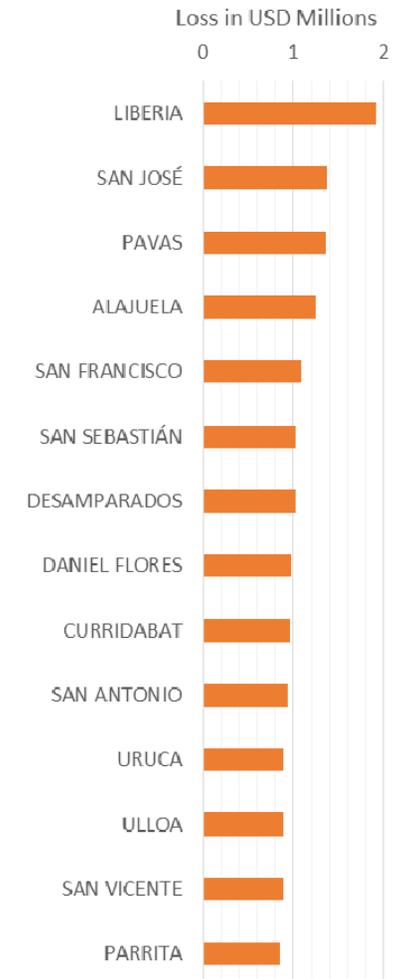
- ✓ Población: **4.9 M.**
- ✓ PIB: **49,62 USD BIL.**

## Indicadores de riesgo

- ✓ Valor en riesgo: **75,870 USD MIL.**
- ✓ Pérdidas anuales promedio.: **105 USD MIL.**
- ✓ Máxima pérdida probable  $\approx$  **78, 2000, 275 USD MIL.**

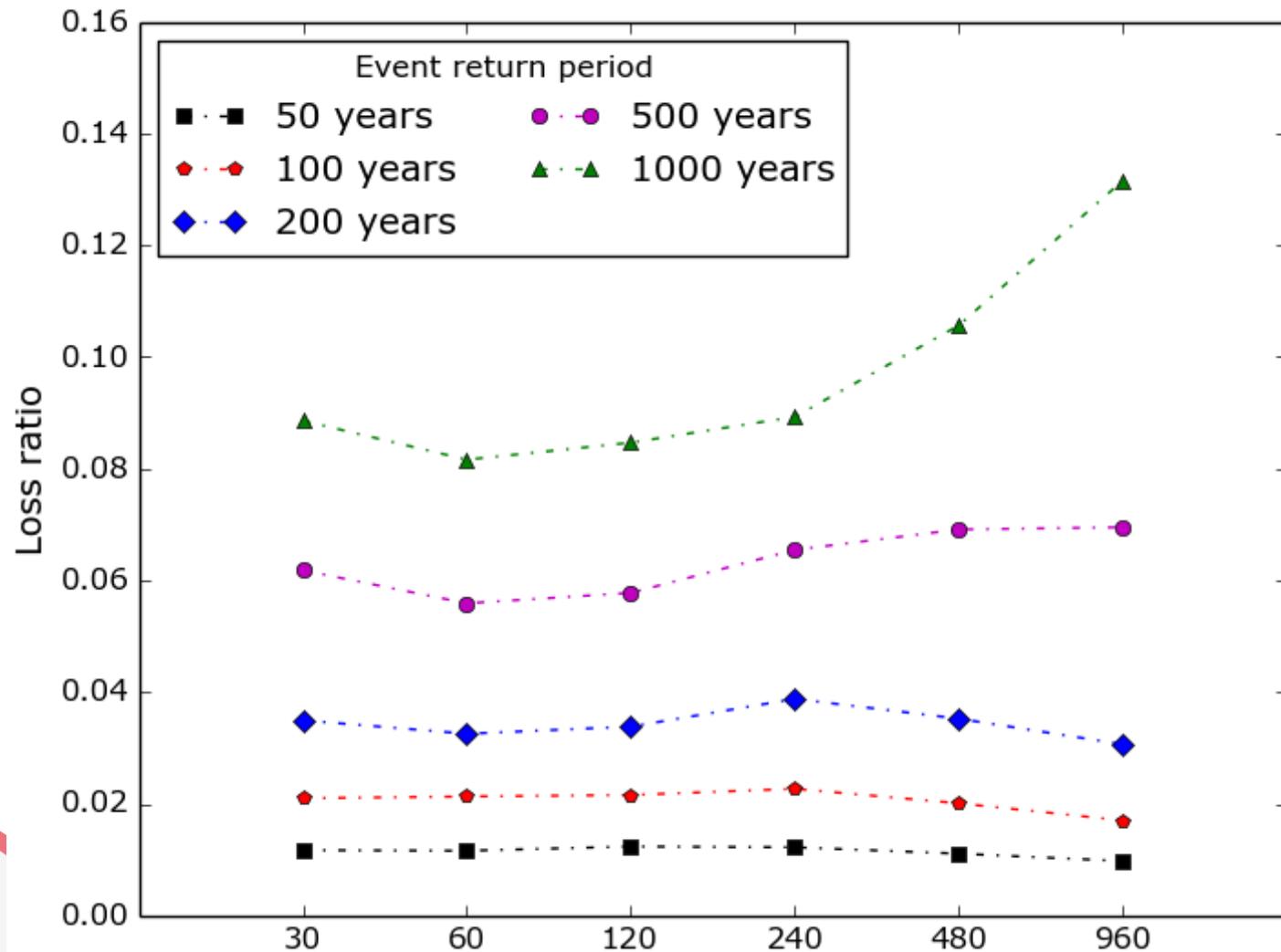


## Top 15 districts at risk



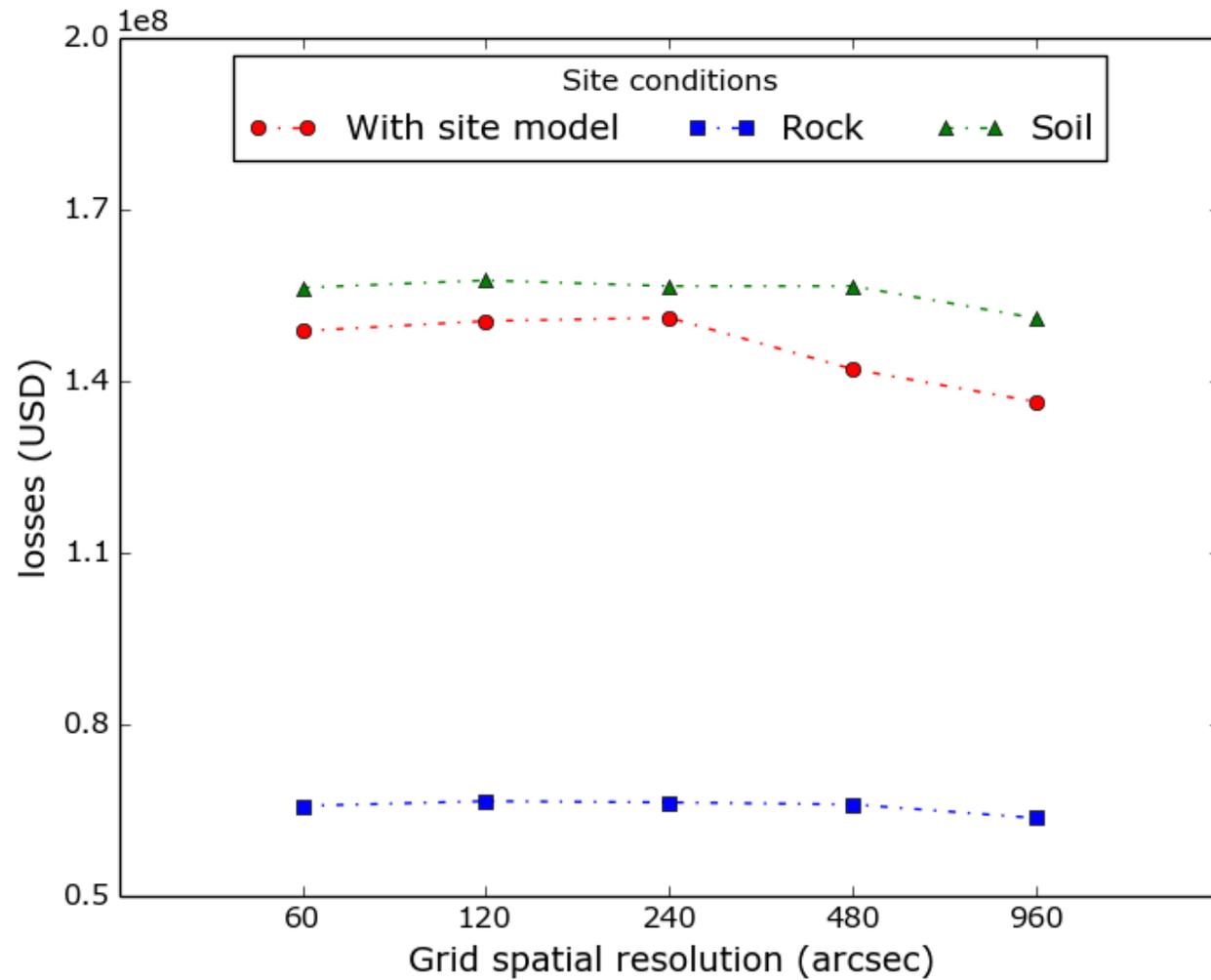
# Más validaciones de modelo para Costa Rica

Desempeño de la resolución utilizada en el modelo nacional



# Más validaciones de modelo para Costa Rica

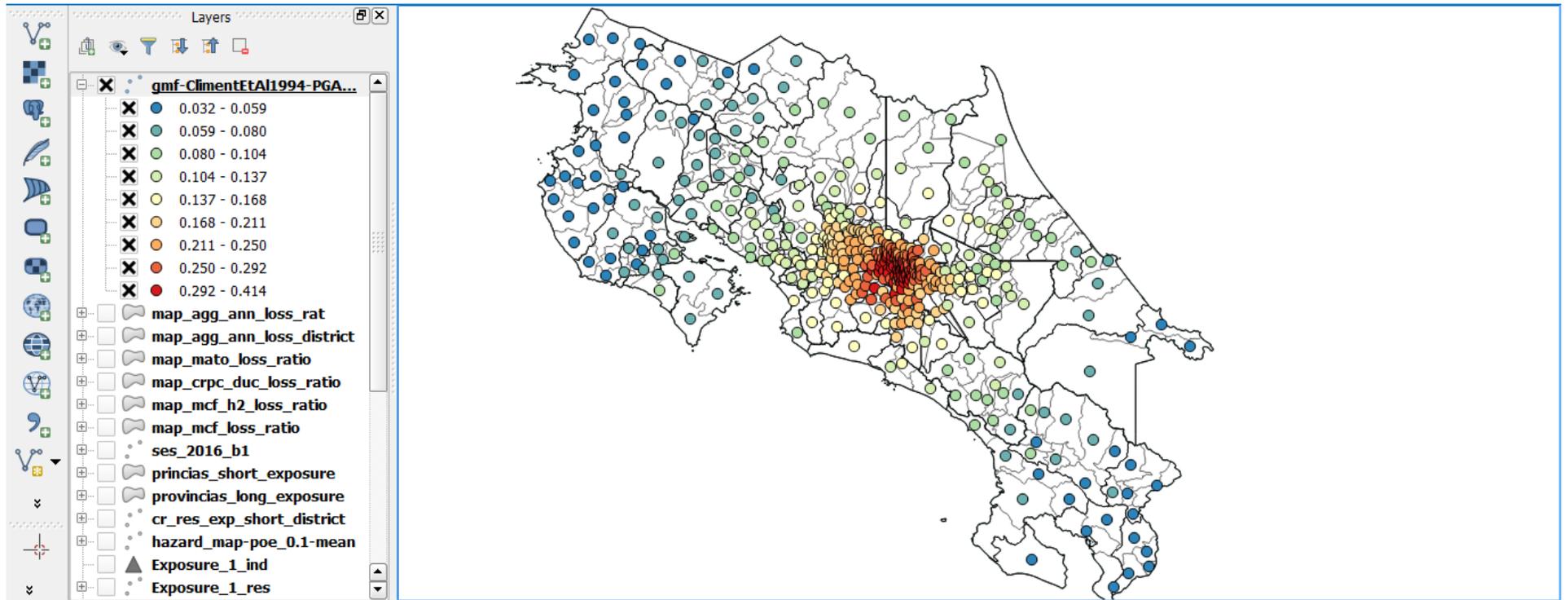
Influencia de la consideración de los efectos de sitio en el modelo de riesgo



An aerial photograph of an industrial park or factory complex. The foreground shows a road with a guardrail and a lush green field. The middle ground is filled with numerous large, white industrial buildings with flat roofs, interspersed with parking lots containing cars and trucks. In the background, there are rolling hills and mountains under a blue sky with scattered white clouds. A white rectangular box with a thin black border is overlaid on the left side of the image, containing the text "Trabajo a futuro".

Trabajo a futuro

# Escenarios de riesgo y daño para el sector residencial



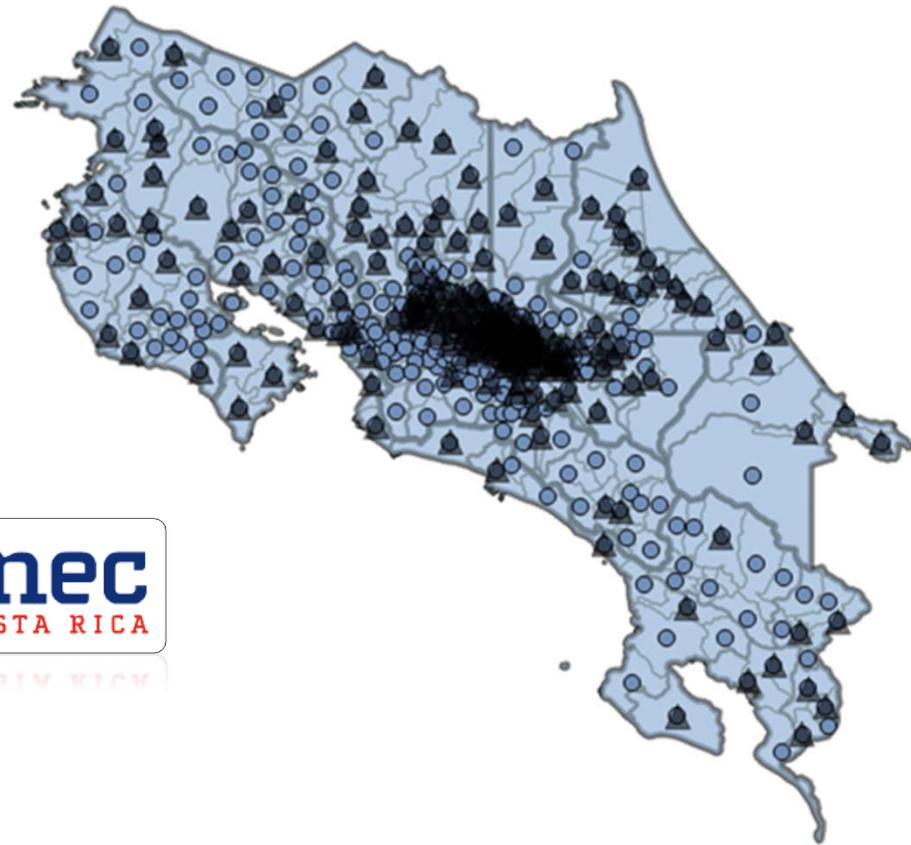
Ruptura superficial en el Valle Central – Magnitud 6.8

Pérdidas estimadas: \$1,500- \$2,000 Millones USD

# Análisis de riesgo para otro tipo de inventarios

---

## Inventario y exposición preliminar del sector industrial de Costa Rica



# Análisis de riesgo para otro tipo de inventarios

---

## Inventario residencial + industrial del distrito Merced

