



PEREIRA  
29 de mayo al  
02 junio de 2023

Mitigando  
**riesgos**  
en tiempo de  
**riesgo**



SEMANA DEL INGENIERO

# SEMANA DEL INGENIERO

PEREIRA 6:30 a 9:30 p.m.  
29 de mayo  
al 02 de junio **2023**

Mitigando  
**riesgos**  
en tiempo de  
**riesgo**



## ARABELLA ZAPATA ESCOBAR

MsC. PhD (c) Ingeniera Civil, Magíster en Ingeniería de la  
Universidad Nacional Autónoma de México, 2001 candidata  
a doctora en Ingeniería, Infraestructura de la Universidad de Medellín.



CONFERENCIA  
**RIESGO SÍSMICO ¿Qué tan  
preparados estamos para enfrentarlo?**

Universidad EAFIT - Cra 19 No. 12 - 70 Megacentro Pinares  
Pereira - Risaralda  
[www.air.org.co](http://www.air.org.co)

Entrada libre



POLITÉCNICO COLOMBIANO  
JAIME ISAZA CADAVID





**aiR** ASOCIACIÓN DE INGENIEROS DE RISARALDA

PEREIRA  
29 de mayo al  
02 junio de 2023

Mitigando  
**riesgos**  
en tiempo de  
**riesgo**

SEMANA DEL INGENIERO

# Riesgo Sísmico

¿Qué tan preparados estamos para enfrentarlo?

Semana del Ingeniero Pereira del 29 de mayo al 2 de junio 2023. Asociación de Ingenieros de Risaralda



POLITÉCNICO COLOMBIANO  
JAIME ISAZA CADAVID

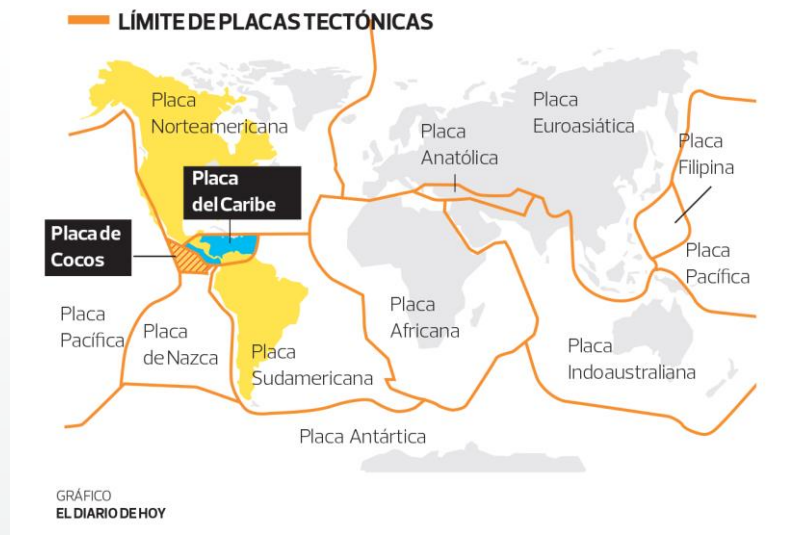
# Contenido

- ▲ ¿Por qué se originan los sismos en Colombia y el mundo?
- ▲ ¿cuáles son los componentes del riesgo sísmico?
- ▲ ¿En que consiste el modelo nacional de riesgo sísmico para Colombia, MNRS?
- ▲ ¿Existe un modelo o estudio de riesgo sísmico para la ciudad de Pereira?
- ▲ ¿Cómo prepararse para afrontar el riesgo Sísmico?
- ▲ Agradecimientos

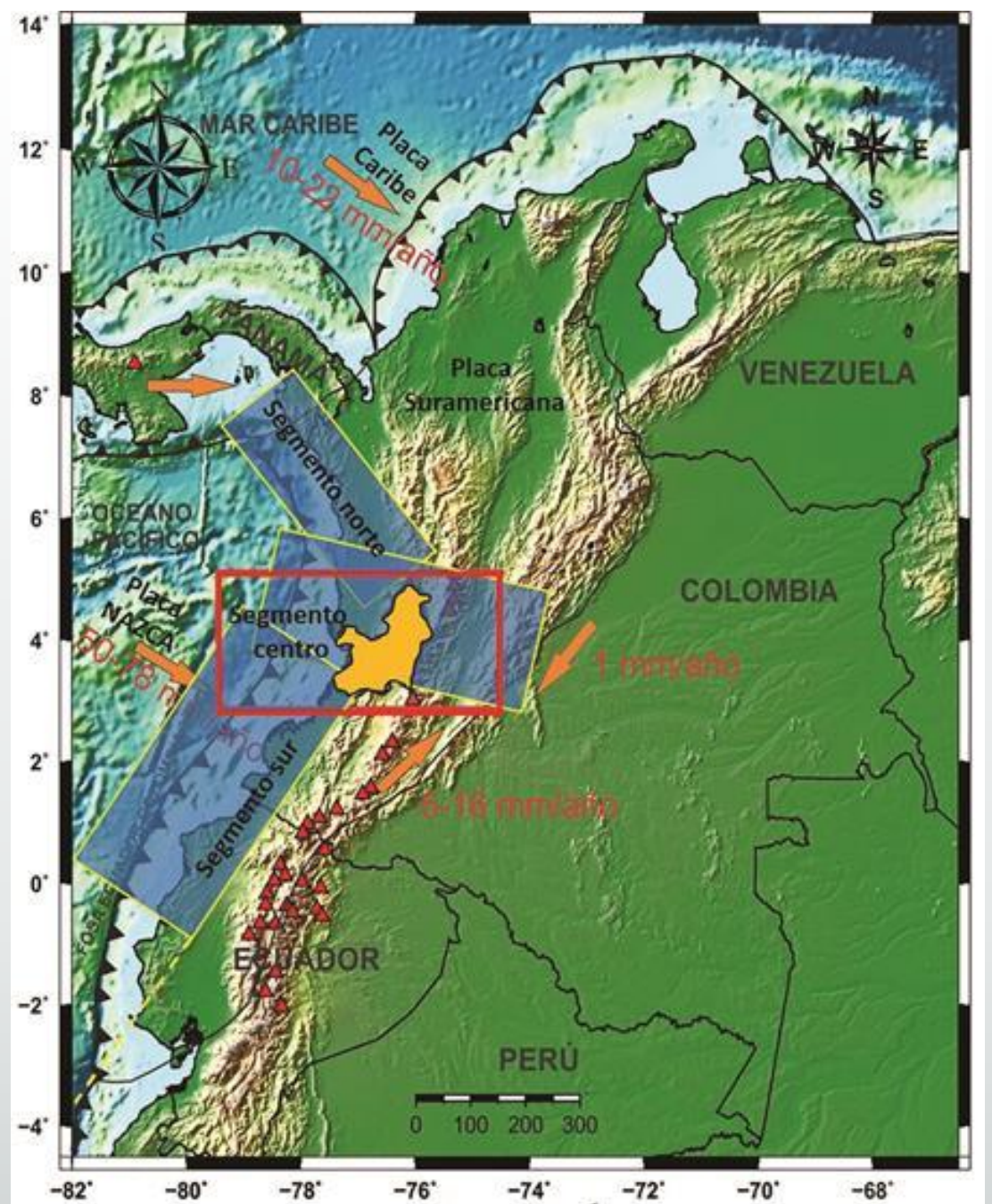
¿Por qué se originan los sismos en Colombia  
y el mundo?

<https://www.youtube.com/watch?v=O2QVUspISlw>

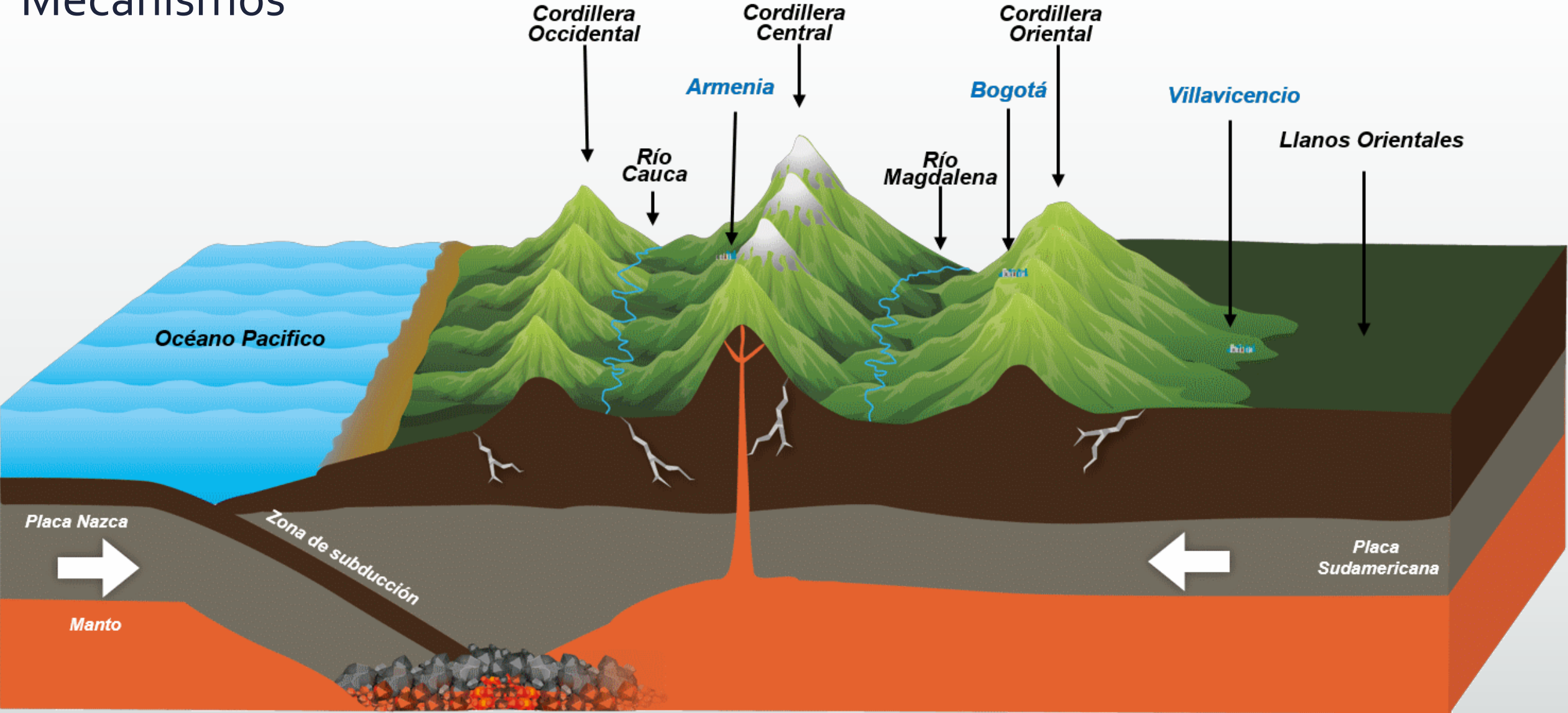




Tomado de: google creative commons placas tectónicas



# Mecanismos

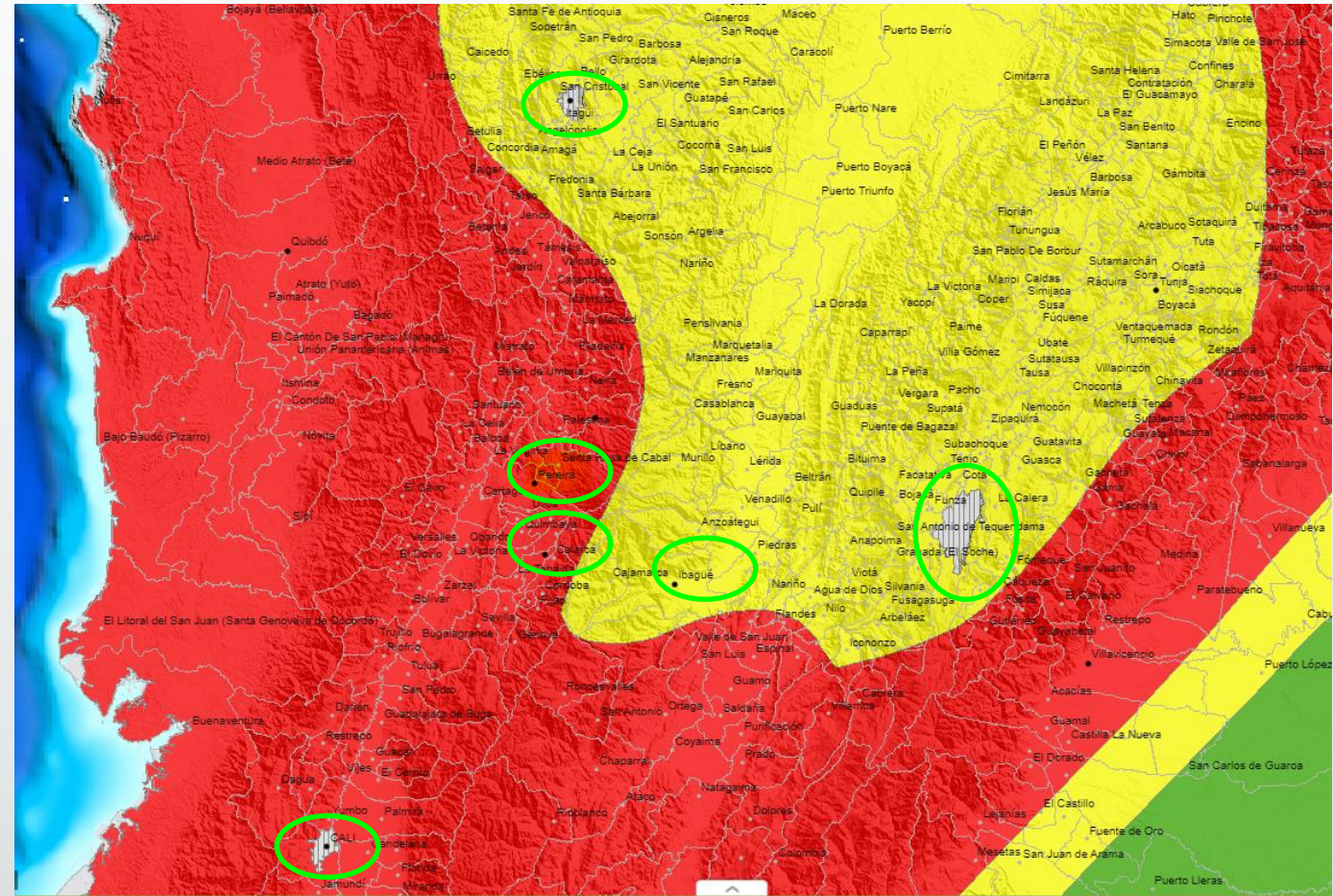
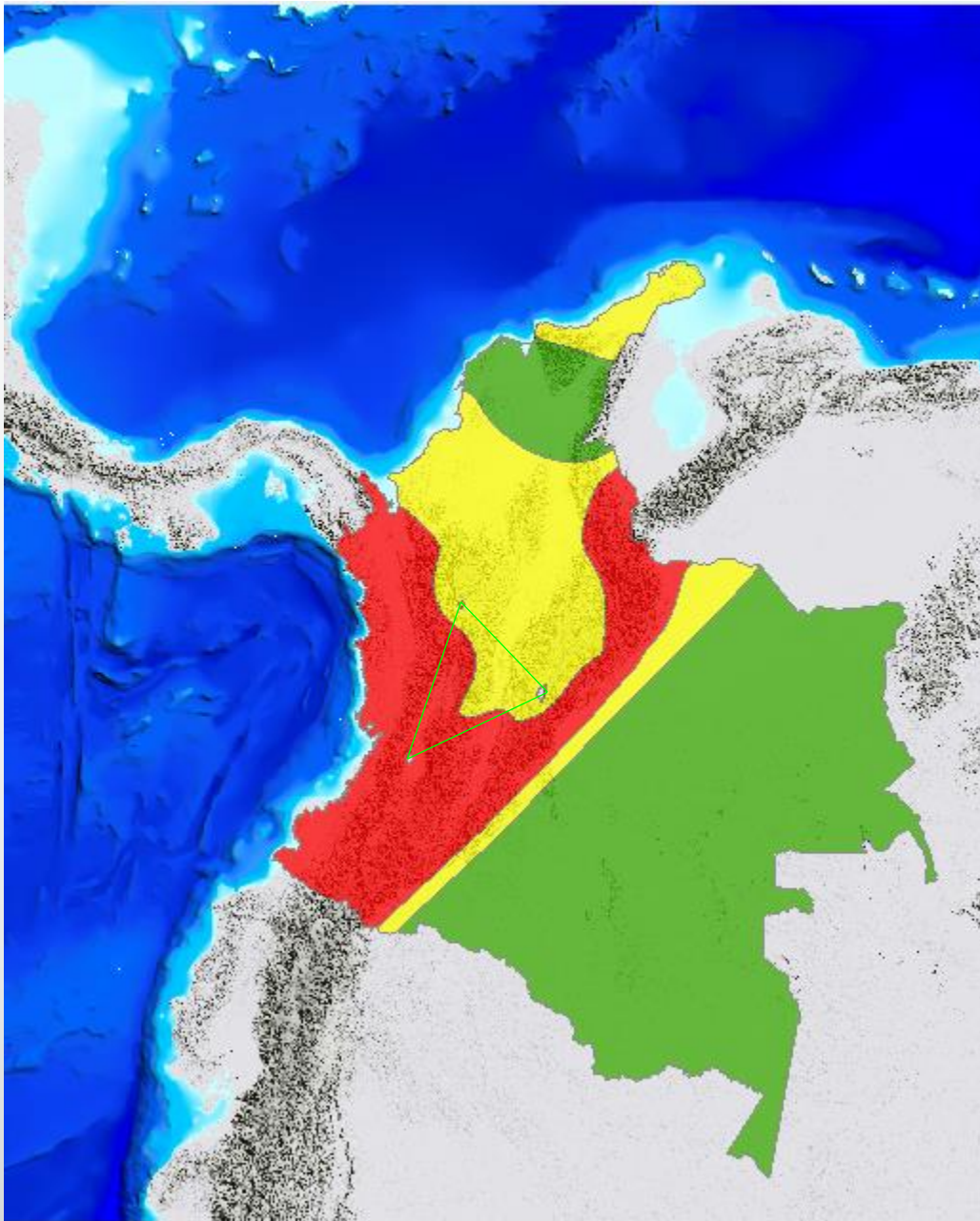


<https://www.idiger.gov.co/rsismico>



**¿Cuáles son los componentes del riesgo  
sísmico?**

# Amenaza para Colombia y Pereira



[https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza\\_Sismica/](https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/)



# Sismos históricos

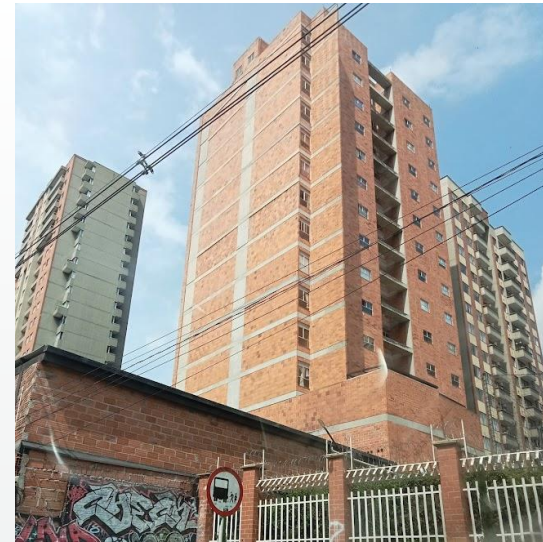
Área epicentral	Fecha del sismo	Magnitud	Intensidad máxima EMS-98
Pamplona – Norte de Santander	<u>16 de enero de 1644</u>	6.5 (Mw)	9
Honda – Tolima	<u>16 de junio de 1805</u>	6.1 (Mw)	9
Altamira – Huila	<u>16 de noviembre de 1827</u>	7.1 (Mw)	10
Santiago – Putumayo	<u>20 de enero de 1834</u>	6.7 (Mw)	9
Cúcuta – Norte de Santander	<u>18 de mayo de 1875</u>	6.8 (Mw)	10
Costa Pacífica – Pacífico	<u>31 de enero de 1906</u>	8.8 (Mw)	10
Villavicencio – Meta	<u>31 de agosto de 1917</u>	6.7 (Mw)	9
Cumbal – Nariño	<u>14 de diciembre de 1923</u>	6.2 (Mw)	9
Arboledas – Norte de Santander	<u>8 de julio de 1950</u>	6.1 (Mw)	9
Colombia – Huila	<u>9 de febrero de 1967</u>	7.0 (Mw)	10
Costa Pacífica – Pacífico	<u>12 de diciembre de 1979</u>	8.1 (Mw)	10
Popayán – Cauca	<u>31 de marzo de 1983</u>	5.6 (Mw)	9
Murindó – Antioquia	<u>18 de octubre de 1992</u>	7.1 (Mw)	10
Eje cafetero	<u>25 de enero de 1999</u>	6.1 (Mw)	9

**Fuente:** Sismicidad histórica de Colombia, Servicio Geológico Colombiano SGC, <https://www.sgc.gov.co/sismos>.











# Consecuencias en sismos fuertes – Riesgo sísmico



Esmeraldas 1906

Terremoto y Tsunami Tumaco 1979



Tumaco 1979

Popayán 1983



Terremoto de Popayán. Foto 90 Minutos



Terremoto del eje cafetero 1999. El Colombiano



Sismo del Eje Cafetero (1999)  
(Pereira)



Sismo del 31 de marzo de 1983  
(Popayán)



¿En qué consiste el modelo de riesgo sísmico para Colombia, MNRS?



# Modelo Nacional de Riesgo Sísmico

La necesidad de un modelo nacional de riesgo sísmico  
(Servicio Geológico Colombiano)





# ¿Qué es el modelo nacional de Riesgo Sísmico?



El **Modelo Nacional de Riesgo Sísmico** es un insumo necesario para la gestión de planes de desarrollo territorial, como herramienta capaz de monitorear, clasificar, y predecir la existencia de **DAÑOS** que resulten en una combinación vulnerabilidad-amenaza con alto chance de generar pérdidas dentro de cierta ventana temporal de observación.

# ¿Por qué es importante contar con un modelo de riesgo sísmico?

- 1 No se cuenta con un modelo nacional de riesgo sísmico que esté **abierto al público** y que sirva **de referencia para el país**
- 2 Algunos modelos se desarrollaron sobre premisas, asunciones y limitaciones que no son documentadas
- 3 Los estudios de daños y pérdidas existentes no tienen sus resultados disponibles en bases de datos abiertas, lo cual dificulta la **definición de medidas de gestión del riesgo.**
- 4 Los insumos con los que se construyeron los modelos de riesgo no se encuentran disponibles al público, lo cual dificulta la **reproducción, revisión y actualización de los resultados.**



# Objetivos del proyecto

1

Desarrollar un **M**odelo **N**acional de **R**iesgo **S**ísmico (**MNRS**) de edificaciones residenciales y su población para Colombia que sea **abierto** y **útil** para la estimación de daños y pérdidas esperadas por sismos probables de diferente intensidad

## Objetivos Específicos

A

Desarrollar un modelo de **exposición** de edificaciones residenciales y otras de ocupación normal

B

Desarrollar un modelo de **fragilidad y vulnerabilidad** sísmica de las edificaciones identificadas en el modelo de exposición

C

Generar perfiles de **riesgo sísmico** para todos los municipios del territorio y evaluar escenarios regionales de daño que permitan formular planes y estrategias inter-departamentales y nacionales de respuesta frente a emergencias

# Objetivos del proyecto

2

Construir el MNRS sobre una base de trabajo colaborativo entre la academia, entidades técnicas del **S**istema **N**acional de **G**estión de **R**iesgo de **D**esastres (SNGRD) y agremiaciones de profesionales

3

Servir a los propósitos de la Gestión del Riesgo de Desastres (conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo del desastre) a las escalas territorial y nacional

4

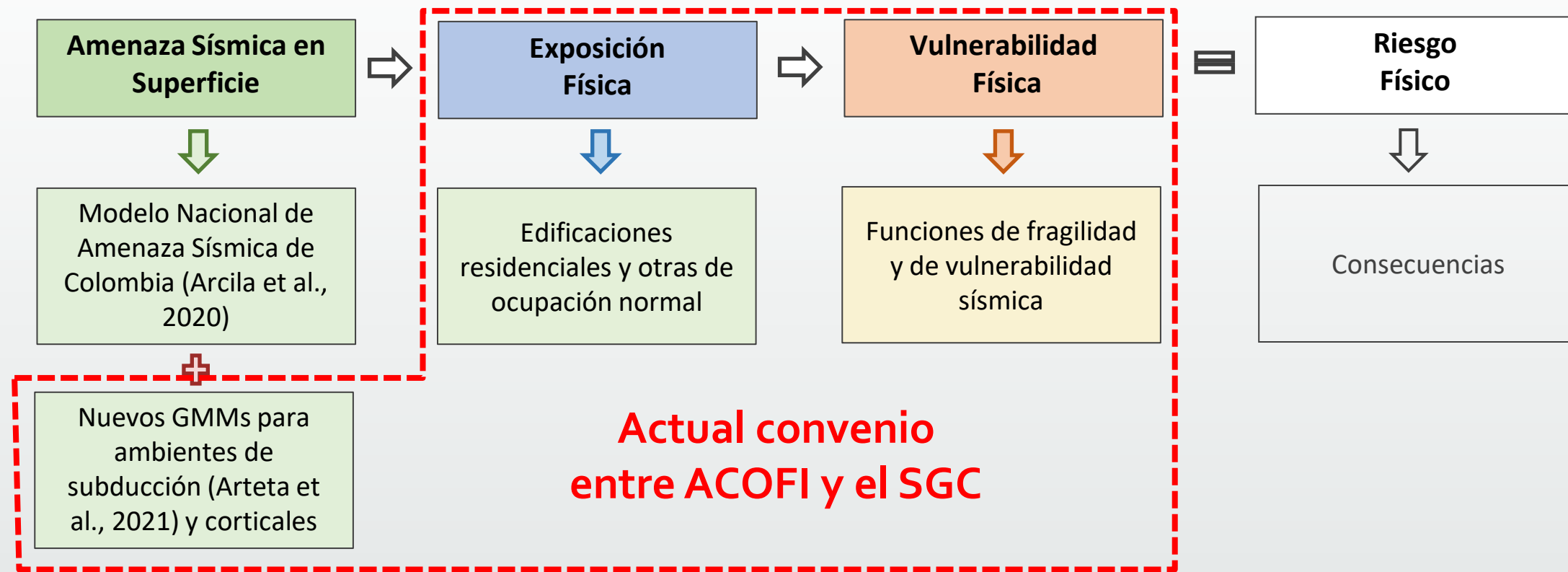
Promover la investigación aplicada en riesgo sísmico entre universidades, centros de investigación y entidades del SNGRD.

5

**Crear un marco de referencia y una plataforma adaptable y expandible sobre la cual universidades, centros de investigación y esfuerzos institucionales futuros permitan seguir construyendo conocimiento sobre el riesgo sísmico en el país y herramientas para su gestión integral.**



# Alcance del proyecto



## ACTORES



## ESQUEMA DE TIEMPO



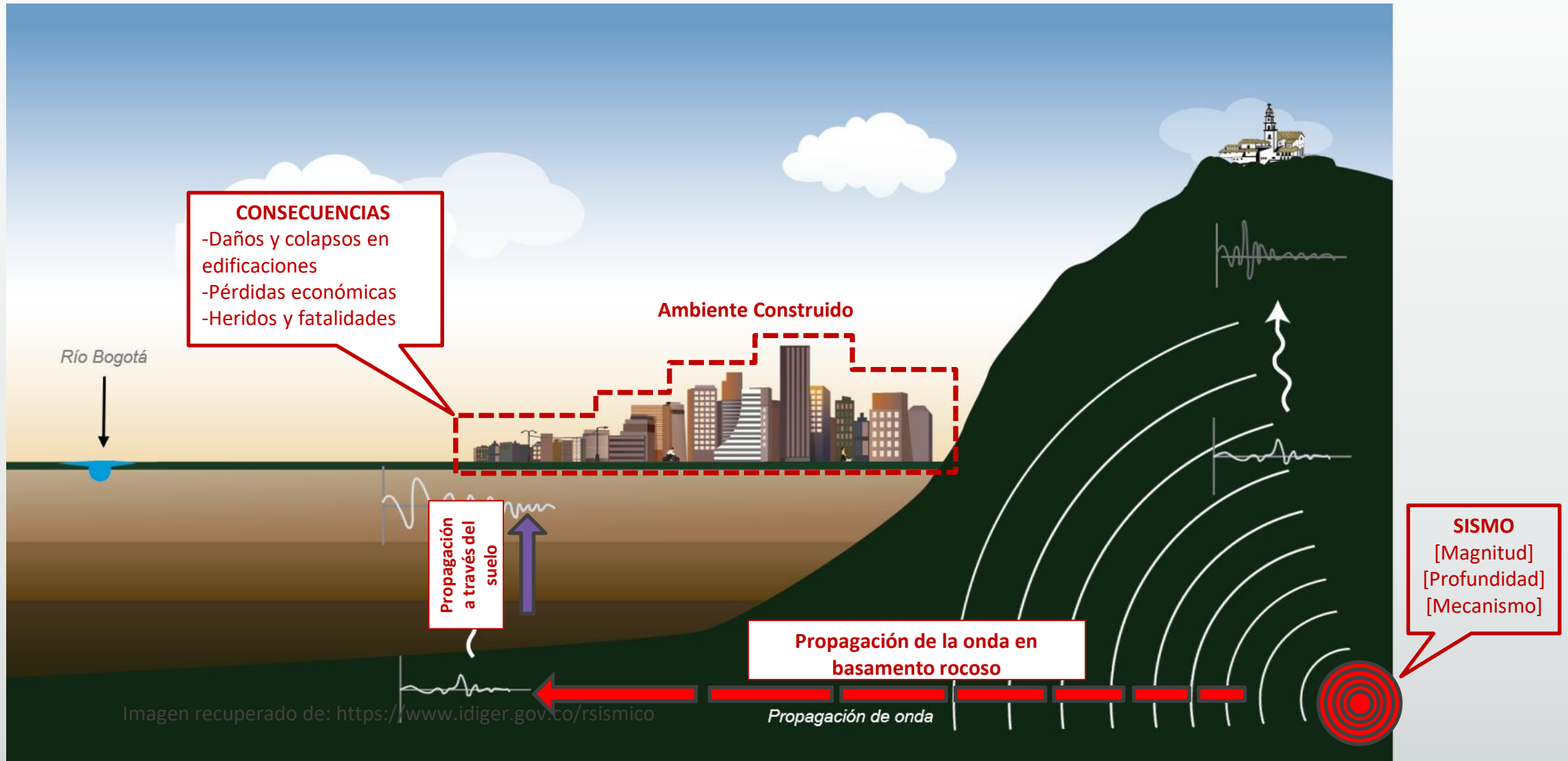
2021 - 2022



2023 - 2024

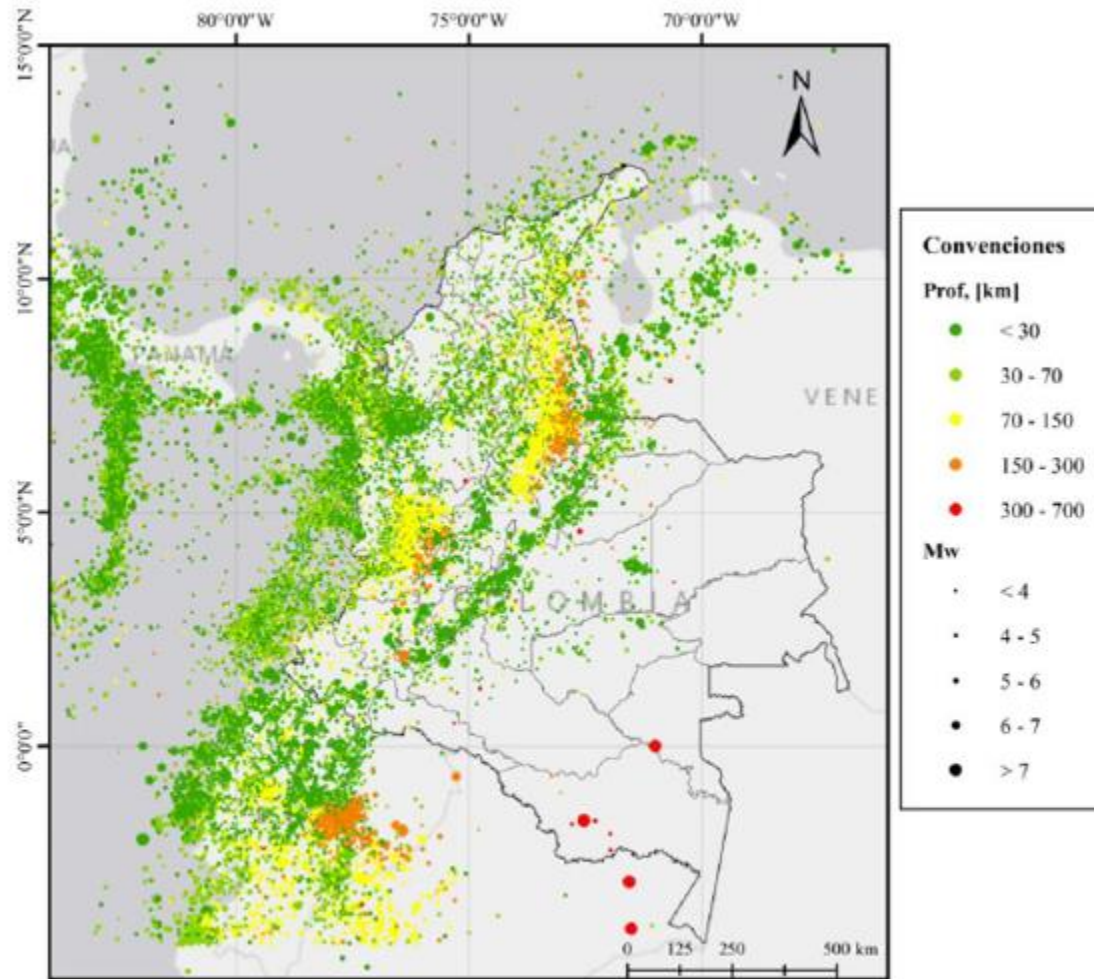


# Enfoque conceptual





# Modelo de Amenaza sísmica Colombia



Sismo del Eje Cafetero (1999)  
(Pereira)



Sismo del 31 de marzo de 1983  
(Popayán)

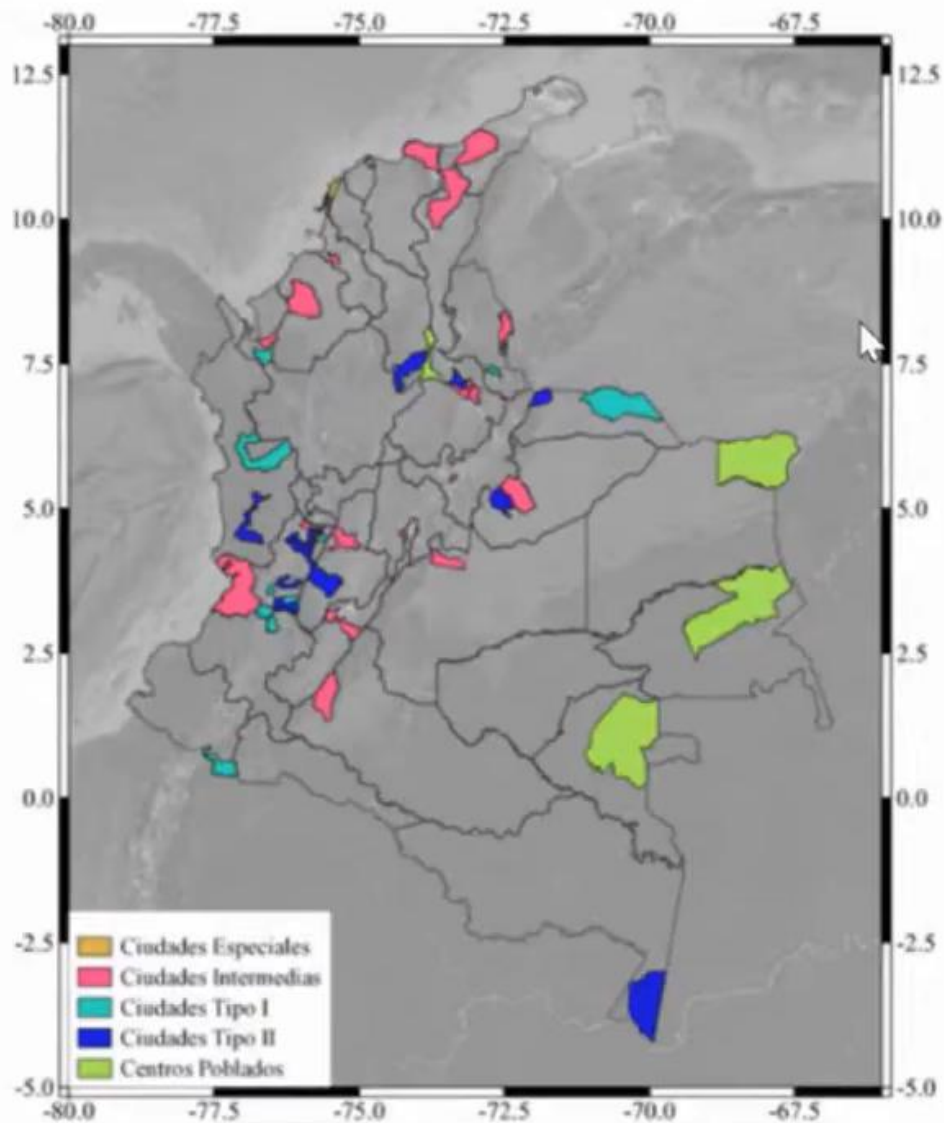


Sismo del 26 de mayo de 2008  
(Quetame)

Catálogo Sísmico Integrado – Modelo Nacional de Amenaza Sísmica

Fuente: Arcila et al. (2020)

# Exposición

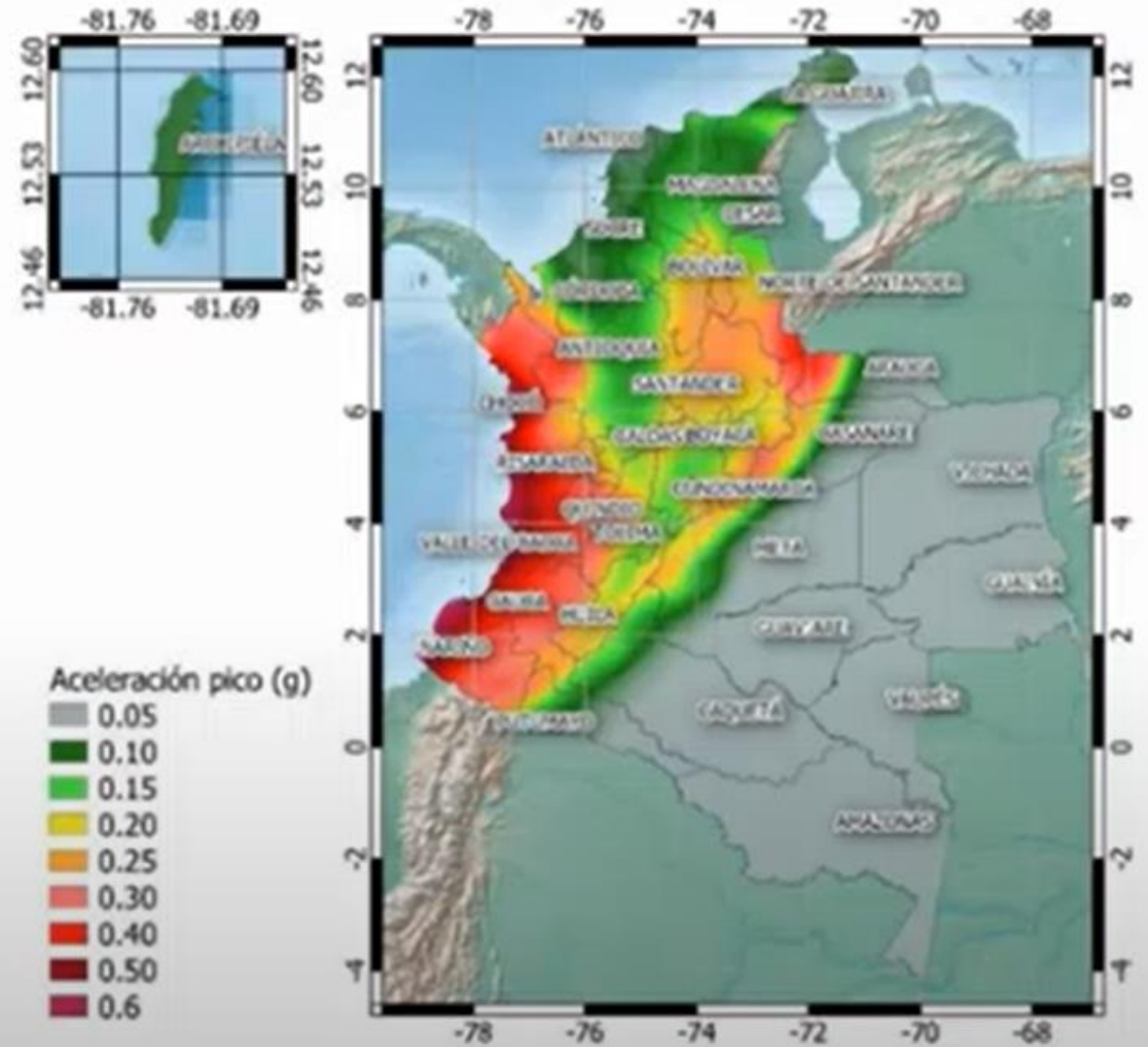
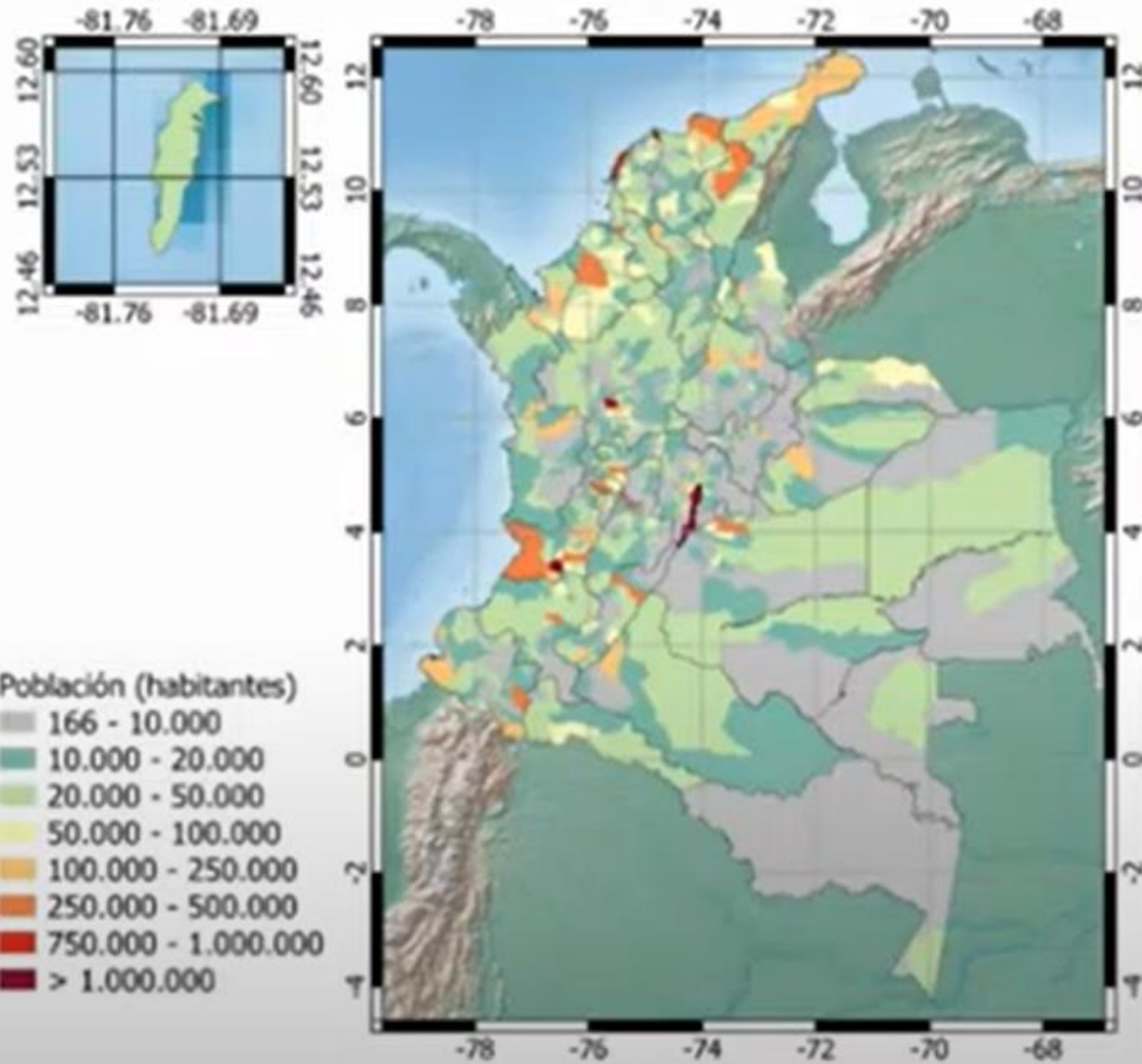


## 65 municipios priorizados

Con este estudio se podrá caracterizar el riesgo asociado al uso de la construcción de cerca del **60%** del total de la población nacional.



# ¿por qué es importante tener un modelo de exposición?



# Objetivos del modelo de exposición

## Representación simplificada de características de las edificaciones expuestas



### **Ubicación**

*¿Dónde se encuentran con respecto a la distribución de intensidad del evento amenazante?*



### **Características que reflejan la propensión al daño**

*¿Cómo clasifico cada elemento con respecto a su forma de verse afectado por el evento?*



### **Valor**

*¿Qué valor económico podría verse afectado por el evento?*



### **Ocupación**

*¿Cuántas personas podrían verse afectadas por el evento?*



# Insumos para el modelo de exposición

- Bases de datos catastrales
- Marco geoestadístico nacional
- Censo Nacional de población y vivienda
- Modelos a escala nacional
- Iniciativas locales a nivel municipal o departamental

## Escala nacional

- Indicadores de Riesgo de Desastre y Gestión del Riesgo (BID, 2015; Ordaz & Yamin, 2004)
- Proyecto SARA (Yepes et al, 2017)
- Global Assessment Report GAR13 (UNISDR, 2013; De Bono & Mora, 2014)
- Fundación GEM (GEM-SGC, 2017)
- Atlas de Riesgos de Colombia (UNGRD-INGENIAR, 2018)

## Escala local

- Bogotá (Acevedo, 2020; JICA-SGC-Uniandes, 2018; DPAE-Uniandes, 2005)
- Cali (Acevedo, 2020; GPSS-Uniandes, 2018)
- Medellín y Valle de Aburrá (Acevedo, 2020; AMVA-Uniandes, 2017)
- Antioquia (Acevedo, 2017)
- Palmira, Buga, Tuluá (CVC-Uniandes, 2006)
- Popayán (Uniandes, 2012)
- Barrancabermeja (Hinestroza, 2018)

# Herramientas para levantamiento de información



Levantamiento de distribución de tipologías estructurales

Inspección de edificaciones

Pereira

Pasto

Longitud: +77.02000    Rumbo: 85.10    Participación total: 0%    Polígono id: 1  
 Latitud: 1.241001    Cota: +12.04    Número de unidades: 0

Tipología estructural: ...  
 Cubierta: ...  
 Número de pisos: ...  
 Uso: ...

Material	Característica material	Sistema resistente	Característica sistema	Cubierta
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

Propiedad: ...    Longitud: +77.02000    Rumbo: 85.10  
 Latitud: 1.241001    Cota: +12.04

Tipología estructural: ...

Propiedad	Valor	Valor
Material del sistema estructural	Mampostería no reforzada	Mampostería parcialmente reforzada
Sistema Estructural	Muro	Muro
Tipo de construcción	Edificio	Edificio
Número de pisos	1	1
Uso	...	...
Presión de viento	...	...
Cubierta	...	...
Exposición	...	...
Irregularidad en planta	Ninguna	Ninguna
Irregularidad en altura	Ninguna	Ninguna





# Modelo de exposición de edificaciones

- 1 Cobertura: todos los municipios del país
- 2 Inventario de edificaciones, agregado por manzana, con su localización, atributos constructivos y valor expuesto
- 3 Repositorio de acceso libre con los modelos de exposición generados
- 4 Sistema de consulta del modelo de exposición

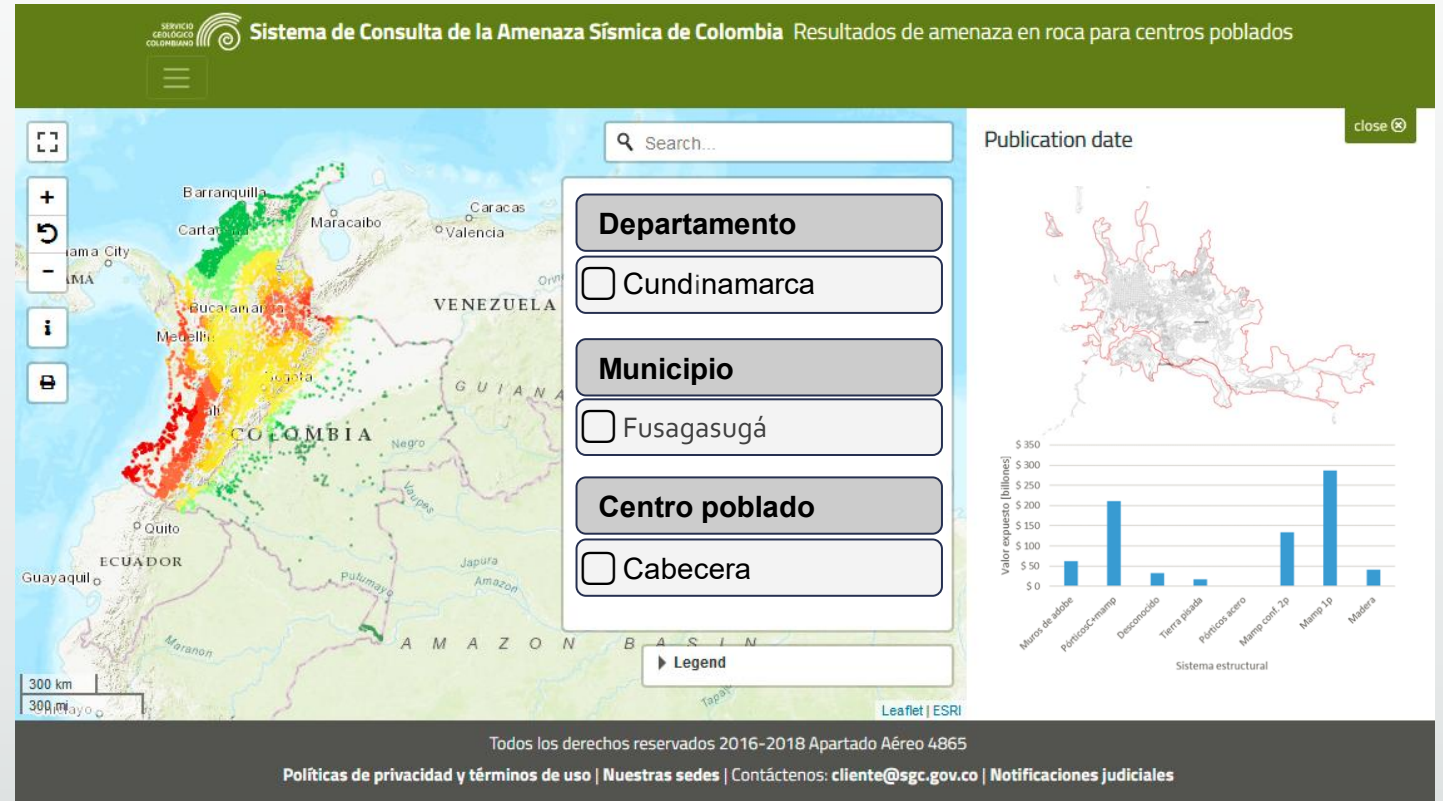


Ilustración conceptual del visor

# Modelo de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

- 1 Cobertura: tipologías constructivas más frecuentes para edificaciones residenciales en Colombia
- 2 Consideración de prácticas constructivas locales (ingenieriles e informales) y evolución y provisiones de los reglamentos de construcción
- 3 Repositorio de acceso libre con las funciones de fragilidad y vulnerabilidad generadas/adoptadas
- 4 Sistema de consulta del modelo de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

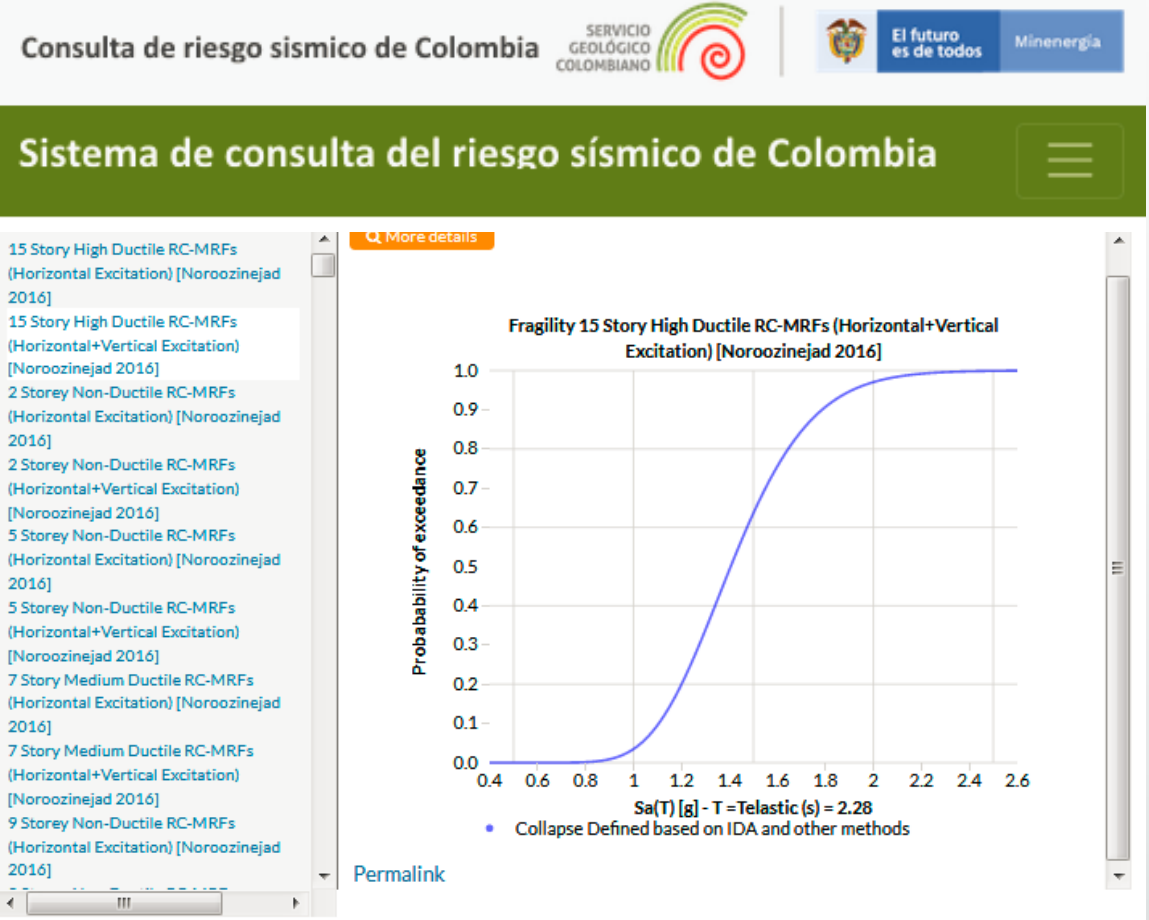
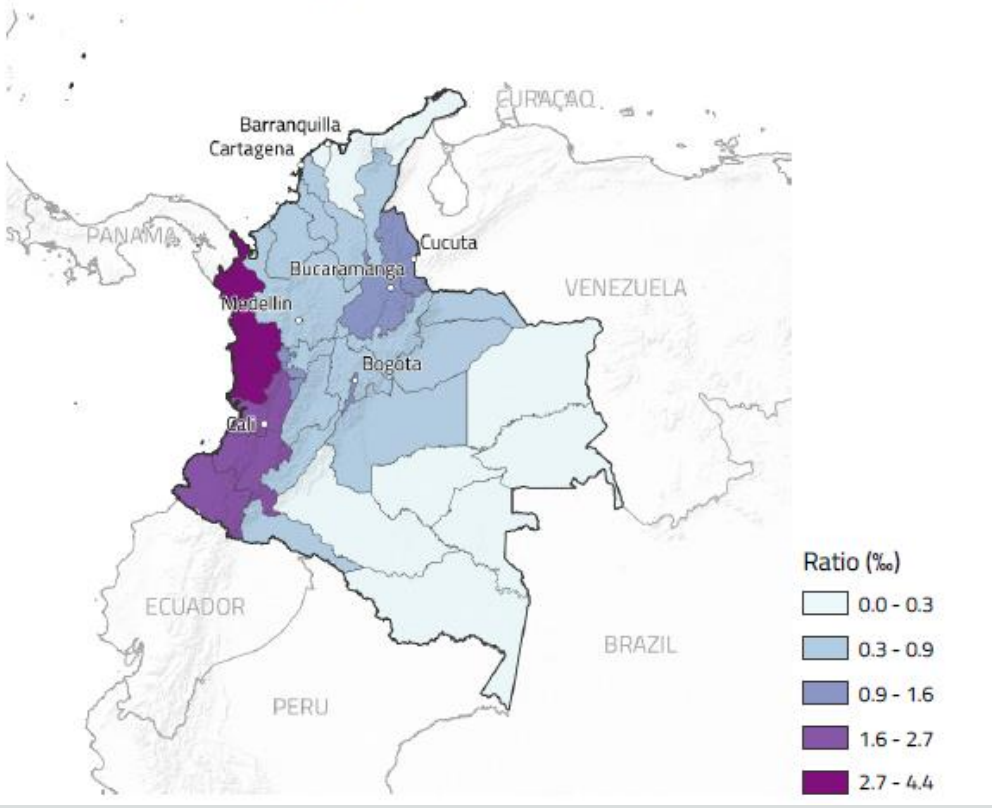


Ilustración conceptual del visor



# Resultados de la evaluación de riesgo sísmico

## Average Annual Loss Ratios

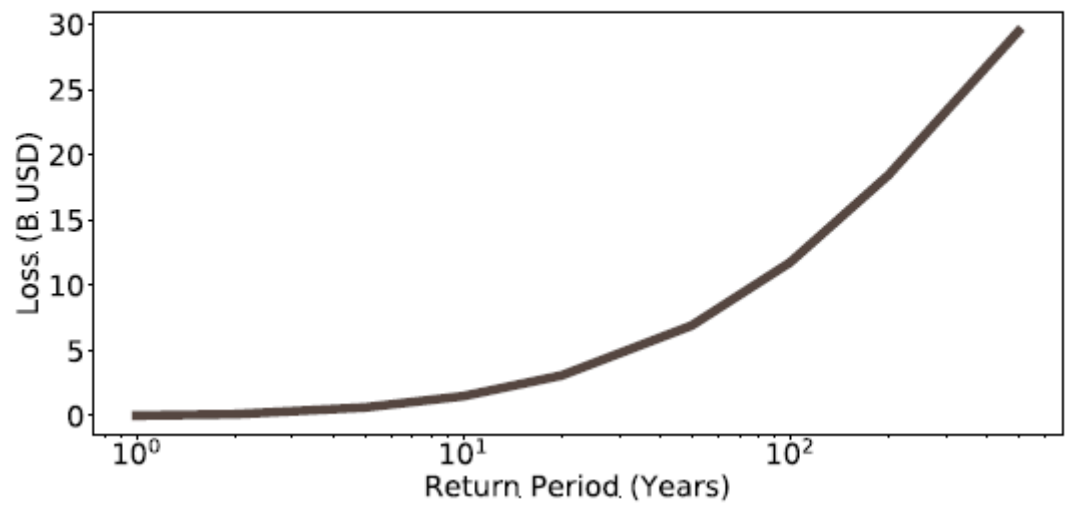


Tomado de: Fundación GEM (2019)

## Risk Indicators

Occupancy	Asset Replacement Cost (Billion USD)	Average Annual Loss (Million USD)	Average Annual Loss Ratio (%)
Residential	512.0	666.2	1.30
Commercial	80.0	77.3	0.97
Industrial	65.8	27.4	0.42

## Loss Exceedance Curve



1

# Modelo de riesgo para fines de la Gestión del Riesgo de Desastres

## **Quién?: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)**

**Para qué?:** Como apoyo al sub-proceso de Conocimiento del riesgo (Sísmico) en lo referente a caracterización del escenario de amenaza, evaluación del riesgo sísmico y comunicación del riesgo.

**Para qué?:** Los resultados de escenarios regionales de amenaza y riesgo sísmico permitirán formular, evaluar y fortalecer los planes y estrategias para el manejo del desastre (**preparación para la respuesta y recuperación post-desastre**) en las escalas nacional, departamental y municipal.

**Para qué?:** Los resultados de escenarios regionales y departamentales de amenaza y riesgo sísmico permitirán evaluar las capacidades actuales, de gobiernos municipales y departamentales, para prestar los **servicios básicos de respuesta** () y para formular planes y estrategias orientadas a su fortalecimiento.

**Para qué?:** Los resultados de las evaluaciones probabilísticas y por escenarios del riesgo sísmico permitirán identificar y priorizar las tipologías constructivas y regiones del país que resultan más vulnerables a la amenaza sísmica.



2

## Modelo de riesgo para estrategias de reforzamiento de vivienda

**Quién?:** Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio + otros interesados

**Para qué?:** Evaluaciones costo-beneficio de alternativas de reforzamiento pueden emplearse para formular planes, proyectos o estrategias de reforzamiento de vivienda vulnerable a la escala nacional



**Colegio afectado por sismo**

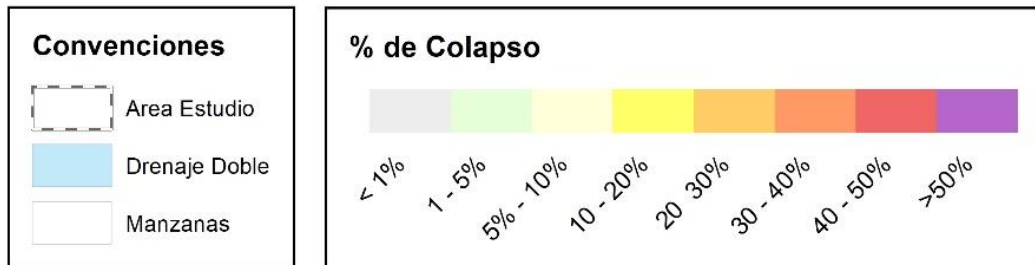
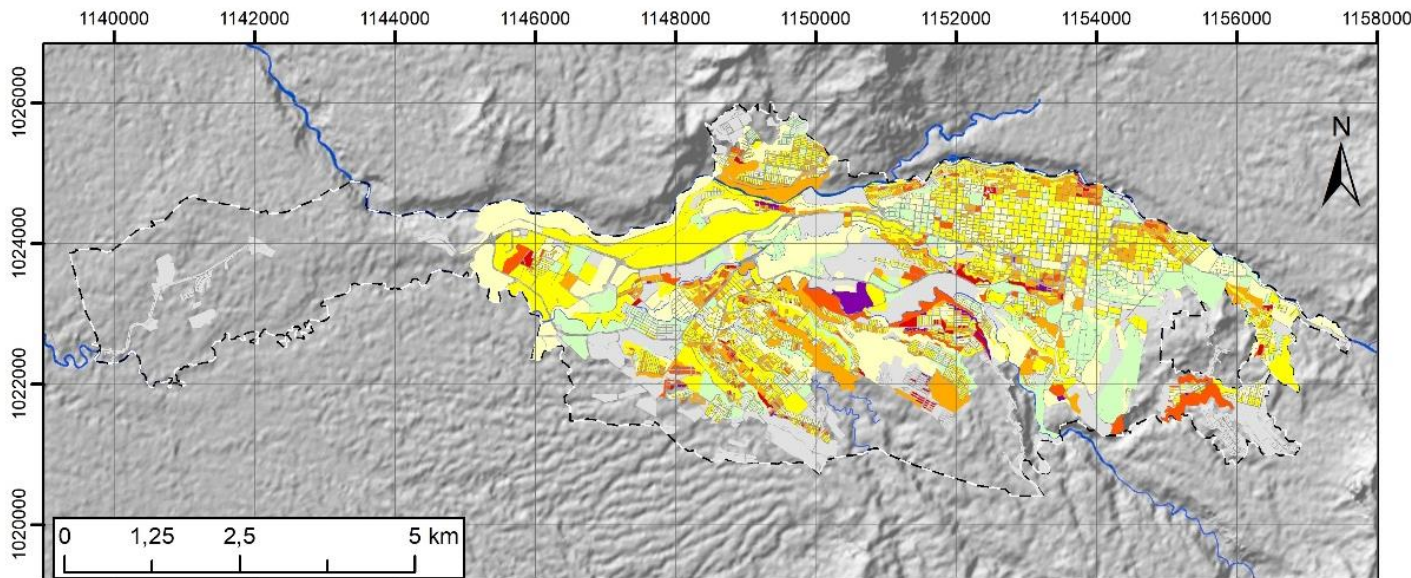


**Colegio reforzado con malla y pañete**

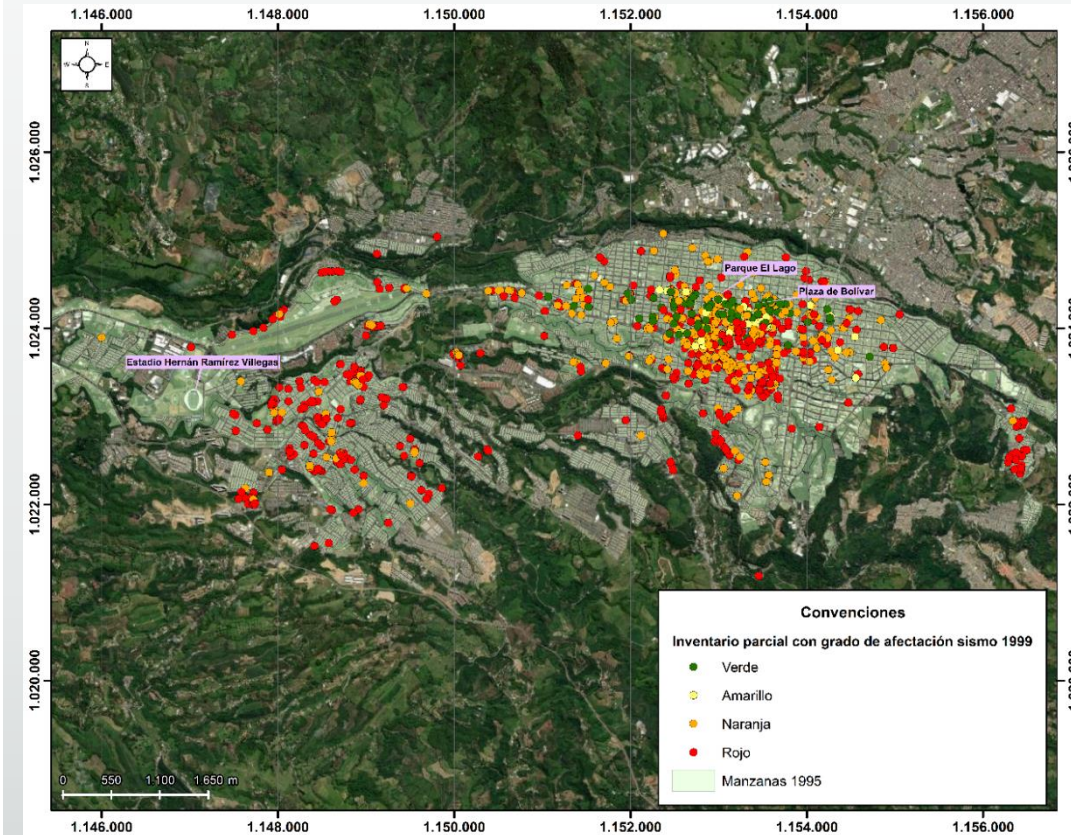


# Proyección Futura: Validación del modelo de riesgo con eventos históricos

El MNRS se validará a partir de la comparación entre las consecuencias documentadas de un evento sísmico histórico (o varios) y los resultados de la simulación.



**Sismo del Eje Cafetero, 25 de enero de 1999 (6.1 Mw)  
Resultados de la simulación para Pereira (Risaralda)**



**Sismo del Eje Cafetero, 25 de enero de 1999 (6.1 Mw)  
Inventario de daños para Pereira (Risaralda)**



**¿Existe un modelo o estudio de riesgo  
sísmico para la ciudad de Pereira?**

Inicio > Se actualizará la microzonificación sísmica de Pereira

## Se actualizará la microzonificación sísmica de Pereira




Con tecnología y metodologías de punta, se realizará la actualización de la microzonificación sísmica del área urbana de Pereira.

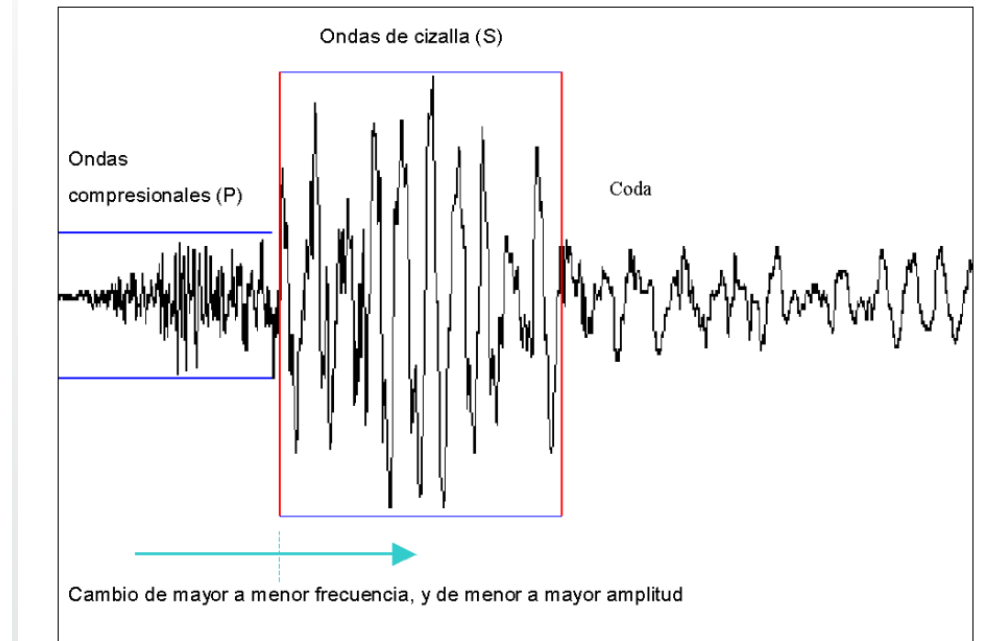
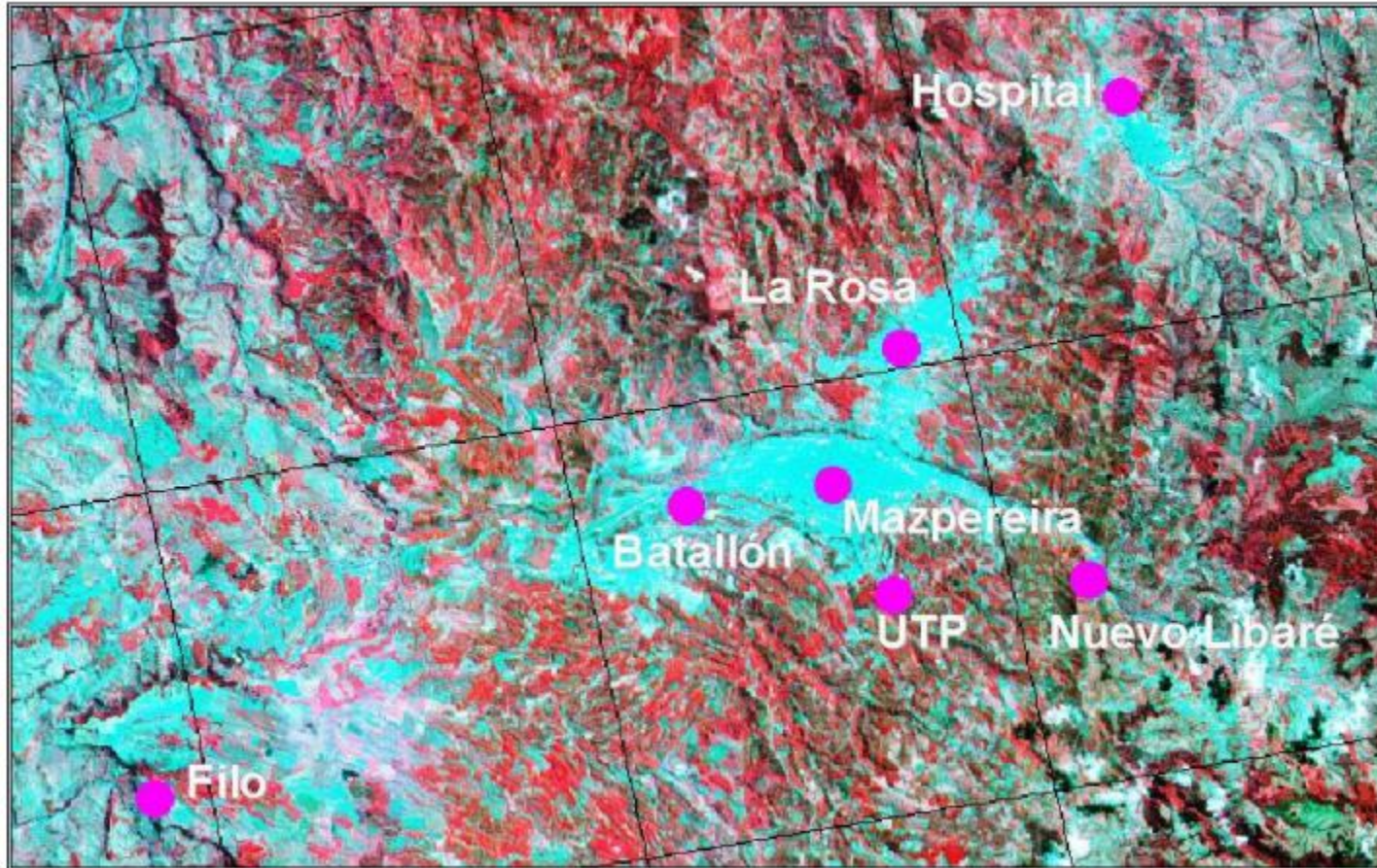
Mediante el convenio de cooperación entre el Servicio Geológico Colombiano y la administración municipal de Pereira, se actualizará la microzonificación sísmica de la ciudad de Pereira, mejorando la definición de zonas de respuesta sísmica y factores de amplificación por efectos de sitio de cada zona.

Con lo anterior, se definen los espectros de diseño para las nuevas edificaciones que se construyan en el área urbana y de expansión de Pereira. Por consiguiente, se mejorarán las exigencias de sismo resistencia en cumplimiento del Reglamento NSR-10.

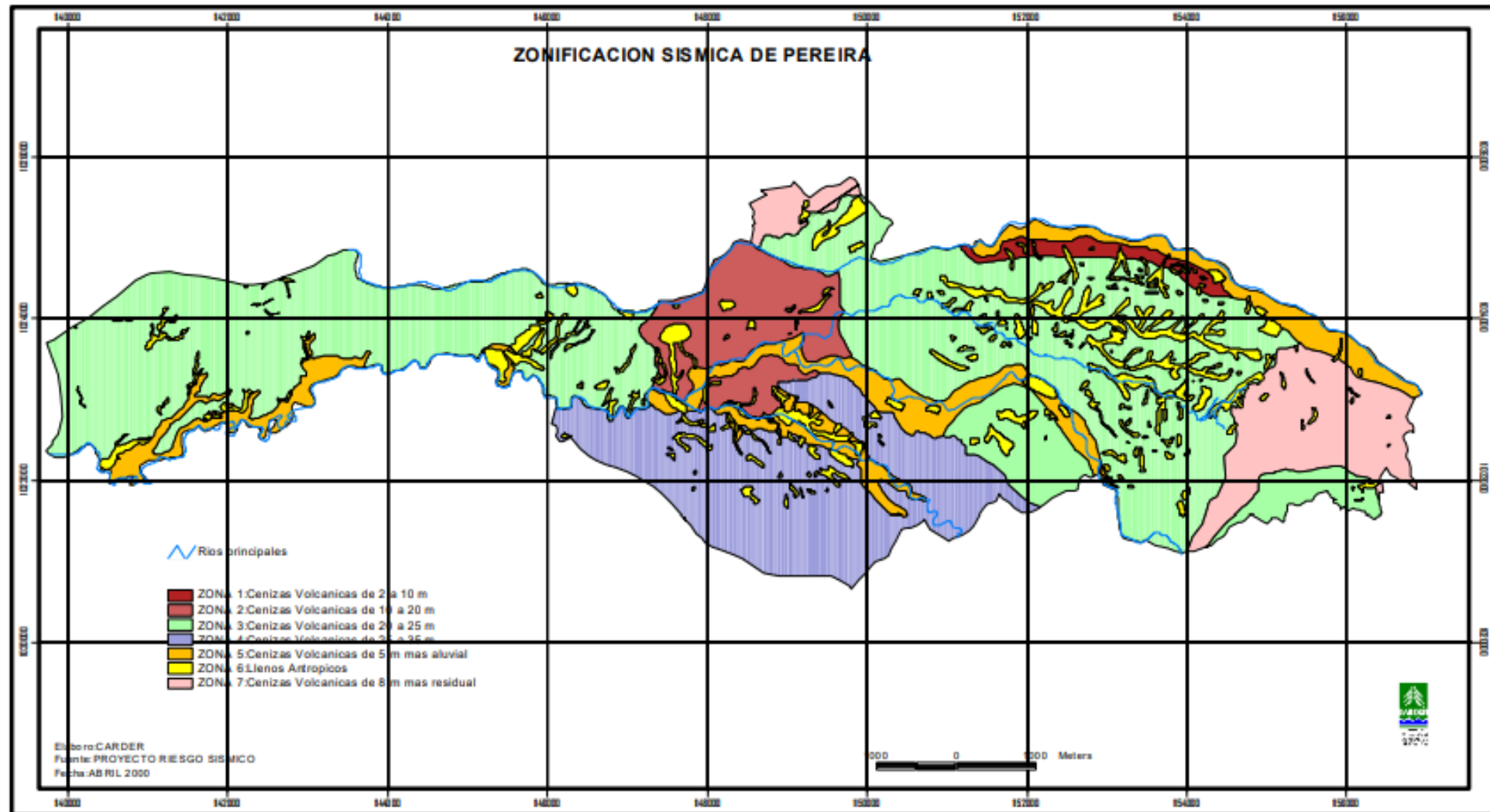
- El primer pasó que se realizó por parte de la **DIGER**, fue la recopilación y organización de los estudios existentes de microzonificación, geológicos y geotécnicos; con el objetivo de consolidar los datos y mapas geológicos, geotécnicos, geofísicos y de las señales registradas por la red de acelerógrafos local y de la red nacional del SGC.
- “En el convenio, **se ejecutaron 4 campañas y en cada una se realizaron 40 mediciones, es decir que al día se llevaron a cabo entre 7 y 8 diarias concretando de esta forma 160 puntos a lo largo de la ciudad**”
- ¿Para este proceso se utilizaron los métodos SPA, CCN y CCA con 7 equipos de acelerógrafos con los cuales se emula un círculo con un radio entre 10 y 20 metros para medir los **registros de microtemores o de las vibraciones ambientales de la zona.**
- “Todos los equipos van alineados a hacia el norte”
- Cada 3.5 kilómetros aproximadamente hay un punto de registro en la ciudad
- El tiempo de registro de una microtrepidación dura entre 20 y 25 minutos



# Estaciones acelerográficas en operación para Pereira, Dosquebradas y Santa Rosa de Cabal



# Zonas de respuesta sísmica de Pereira según el estudio de microzonificación de Universidad de los Andes (1999)



Fuente: Universidad de los Andes (1999)



# Estudio de Riesgo Sísmico para Pereira



## SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO ©

Oscar Paredes Zapata  
**Director General**

Marta Lucia Calvache Velasco  
**Directora Técnica de Geoamenazas**

María Mónica Arcila Rivera  
**Gerente proyecto amenaza y riesgo sísmico en Colombia**

Fernando Javier Díaz Parra  
**Coordinador Técnico del Convenio**

## AUTORES

Jairo Valcárcel, Ingeniero Civil  
Miguel Mora, Ingeniero Civil  
Héctor Pérez, Ingeniero Civil  
Fernando Díaz, Ingeniero Civil  
María Mónica Arcila R., Geóloga  
Leonardo Mateus, Ingeniero Civil

## ALCALDÍA MUNICIPIO DE PEREIRA

2020-2021 Carlos Alberto Maya López  
2019 Juan Pablo Gallo Maya  
**Alcaldes**

Alexander Galindo  
**Dirección de Gestión de Riesgo DIGER**

2020-2021 Jhon Edwar Valencia  
2019-2020 José Darío Moreno  
**Líder proceso de conocimiento**

**PROFESIONALES DIGER**  
2020-2021 Vanessa Mejía  
2019-2020 Sandra Álvarez

Evaluación del riesgo sísmico de Pereira

Bogotá, D. C., Diciembre de 2021



# ¿Cómo prepararnos?





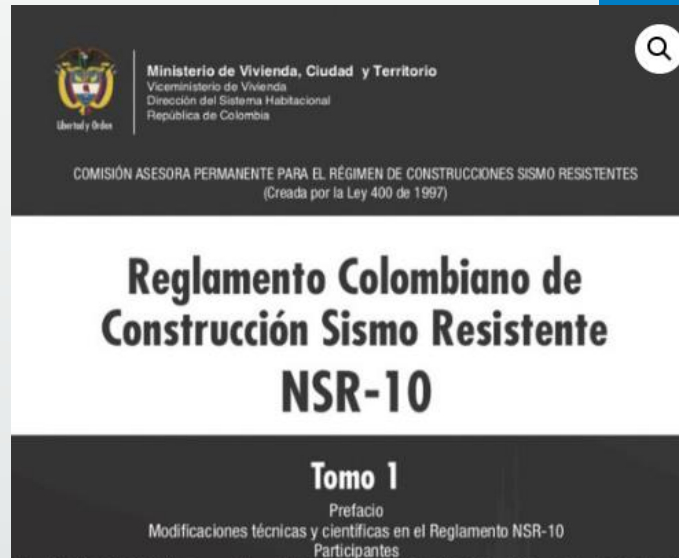
# ¿Cómo prepararnos?



# ¿Cómo prepararnos?

Cumplir con el reglamento, NSR-10

Actualización para aplicación de examen para ingreso a RUNPA



RUNPA es la sigla de **Registro Único Nacional de Profesionales Acreditados**. Este registro lo creó la Ley 1796 de 2016, por medio del cual se acredita a los profesionales para adelantar las labores de diseño, revisión y supervisión de que trata la Ley 400 de 1997.

Incluye las modificaciones introducidas en los Decretos 2523 del 13 de julio de 2010, 092 del 17 de enero de 2011, 340 del 13 de febrero de 2012, 945 del 05 de junio de 2017, Decreto 2113 del 25 de noviembre de 2019 y Decreto 1711 del 13 de diciembre de 2021

ais  
Asociación Colombiana  
de Ingenieros

IN-LB Inch-Pound Units

An ACI Standard  
An ANSI Standard

Building Code Requirements  
for Structural Concrete  
(ACI 318-19)

Commentary on  
Building Code Requirements  
for Structural Concrete  
(ACI 318R-19)

Reported by ACI Committee 318

ACI 318-19(22)

aci American Concrete Institute  
Always advancing



# Recomendaciones a la comunidad

- Informarse a través de entidades oficiales sobre el riesgo sísmico y de las medidas de gestión
- Poner en práctica las medidas e acuerdo a las posibilidades
- Estar preparados para responder ante una situación de emergencias



# Enlaces para ampliar información

- <https://www.youtube.com/watch?v=ilFEKSZQv5o>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ph7Eczs-nTI>
- <https://www.youtube.com/watch?v=Ls3T5Of69oI>
- <https://www.youtube.com/watch?v=nimAYCoR1-Q&t=4204s>
- [https://www.youtube.com/watch?v=f40923\\_wegA](https://www.youtube.com/watch?v=f40923_wegA)
- <https://www.idiger.gov.co/rsismico>
- <https://www.sgc.gov.co/>
- <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/>
- <https://siger.com.co/>



# GRACIAS

- ❑ Asociación de Ingenieros de Risaralda y Alcaldía de Pereira.
- ❑ Dr. Héctor Pérez y Mónica Arcila Servicio Geológico Colombiano.
- ❑ ACOFI y Actores Modelo Nacional de Riesgo Sísmico
  
- MsC. PhD. (C) Arabella Zapata Escobar
- Email: [azapata@elpoli.edu.co](mailto:azapata@elpoli.edu.co)