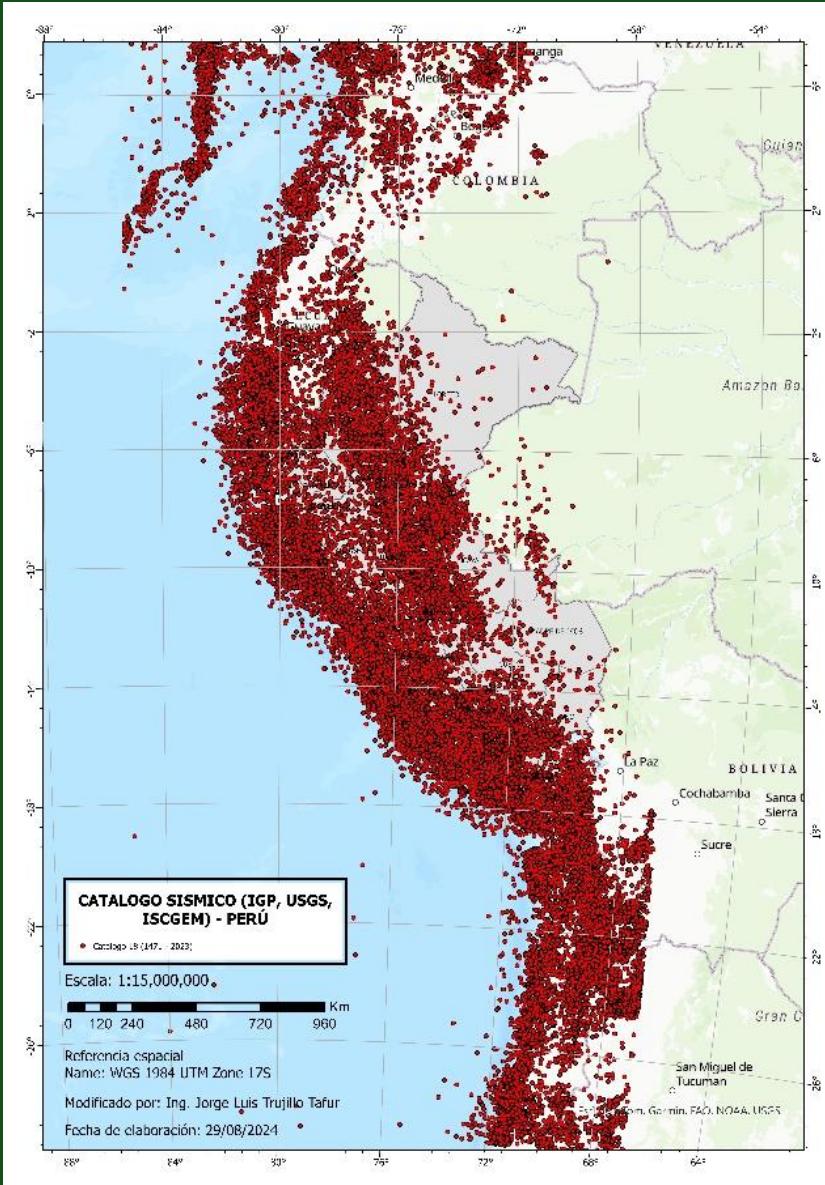




# EVALUACIÓN DE RIESGO SÍSMICO DE LAS LOCALIDADES DE PEDRO RUIZ GALLO Y NUEVO ASERRADERO, EN EL DEPARTAMENTO DE AMAZONAS, PERÚ



JORGE LUIS TRUJILLO TAFUR

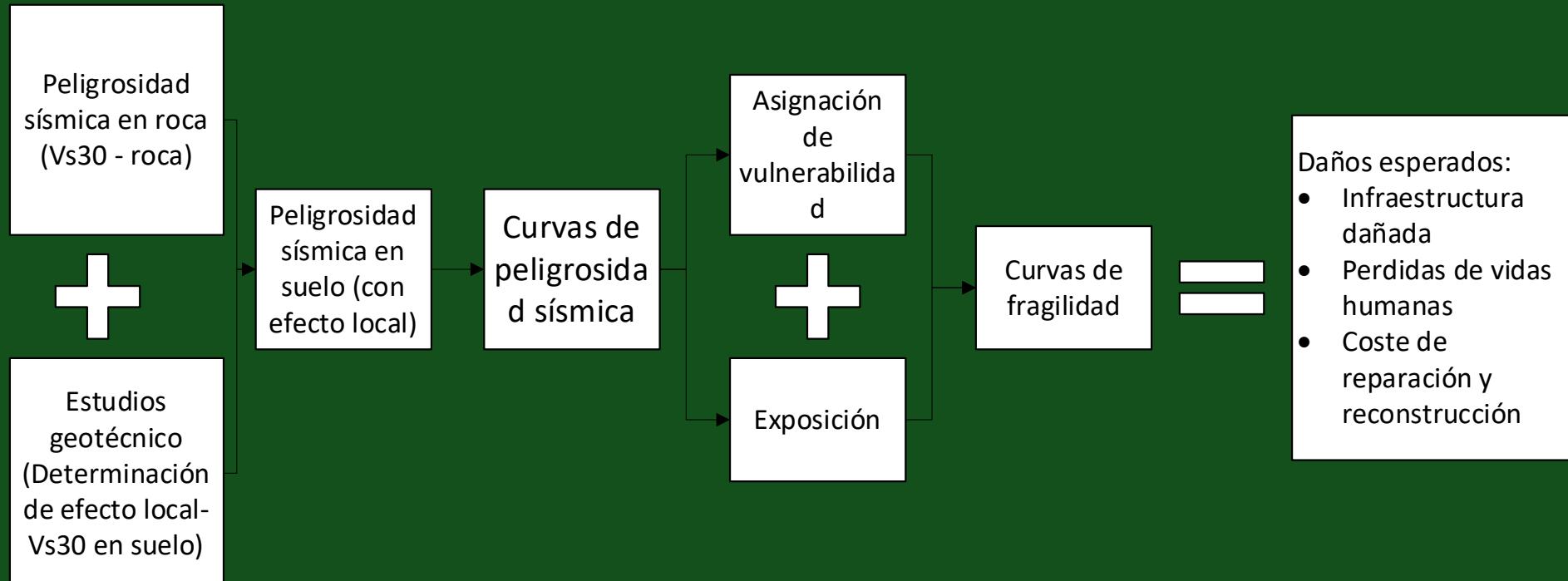
[jl.trujillo@alumnos.upm.es](mailto:jl.trujillo@alumnos.upm.es)

18 de noviembre, 2024

## RIESGO SÍSMICO = PROBABILIDAD DE UN EVENTO SÍSMICO X PÉRDIDAS ASOCIADAS AL EVENTO

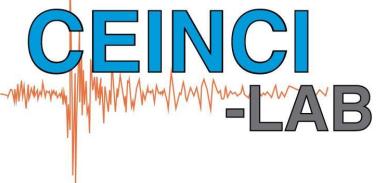


**RIESGO SÍSMICO = Peligrosidad\*Vulnerabilidad\*Exposición\*Coste**

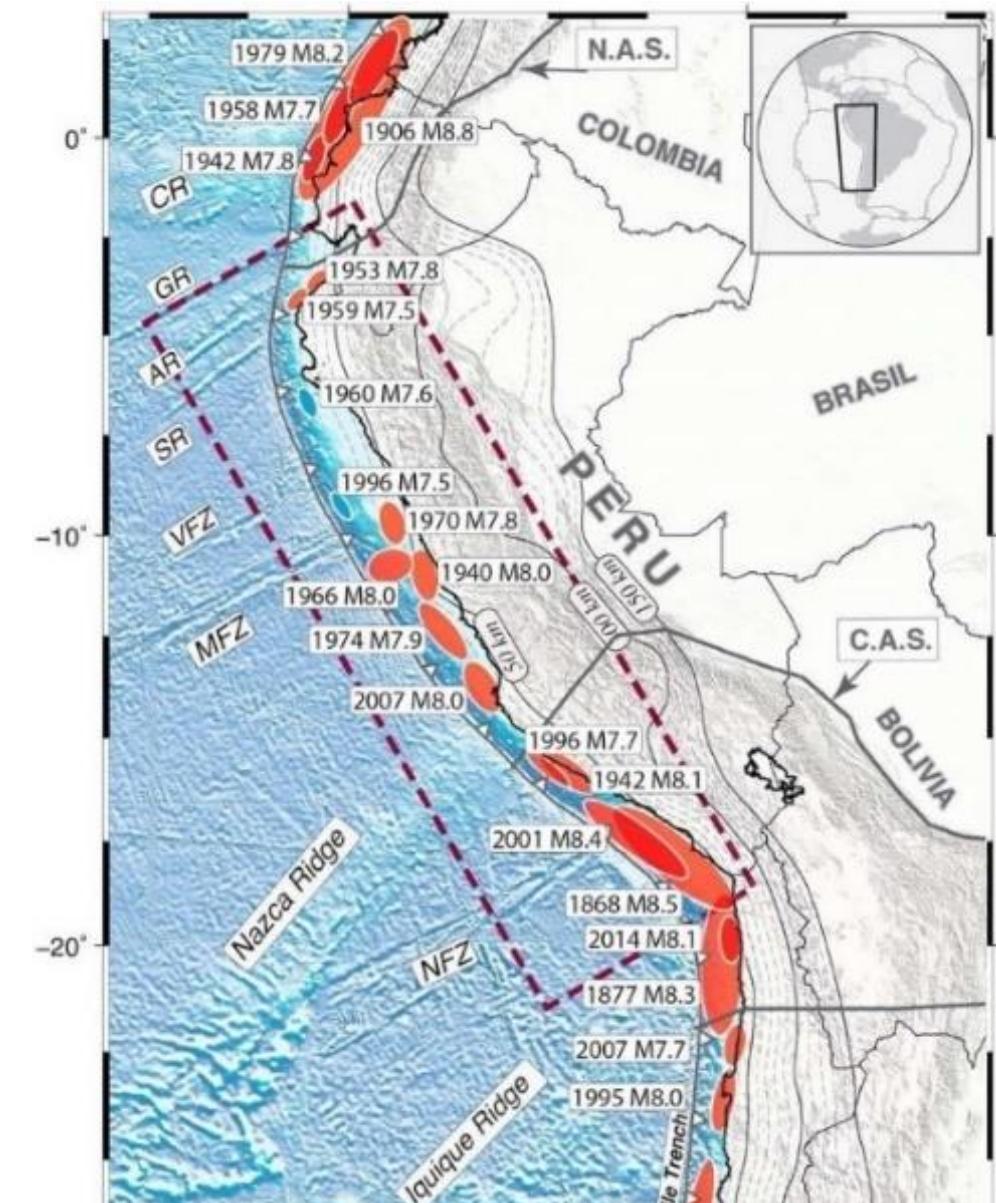
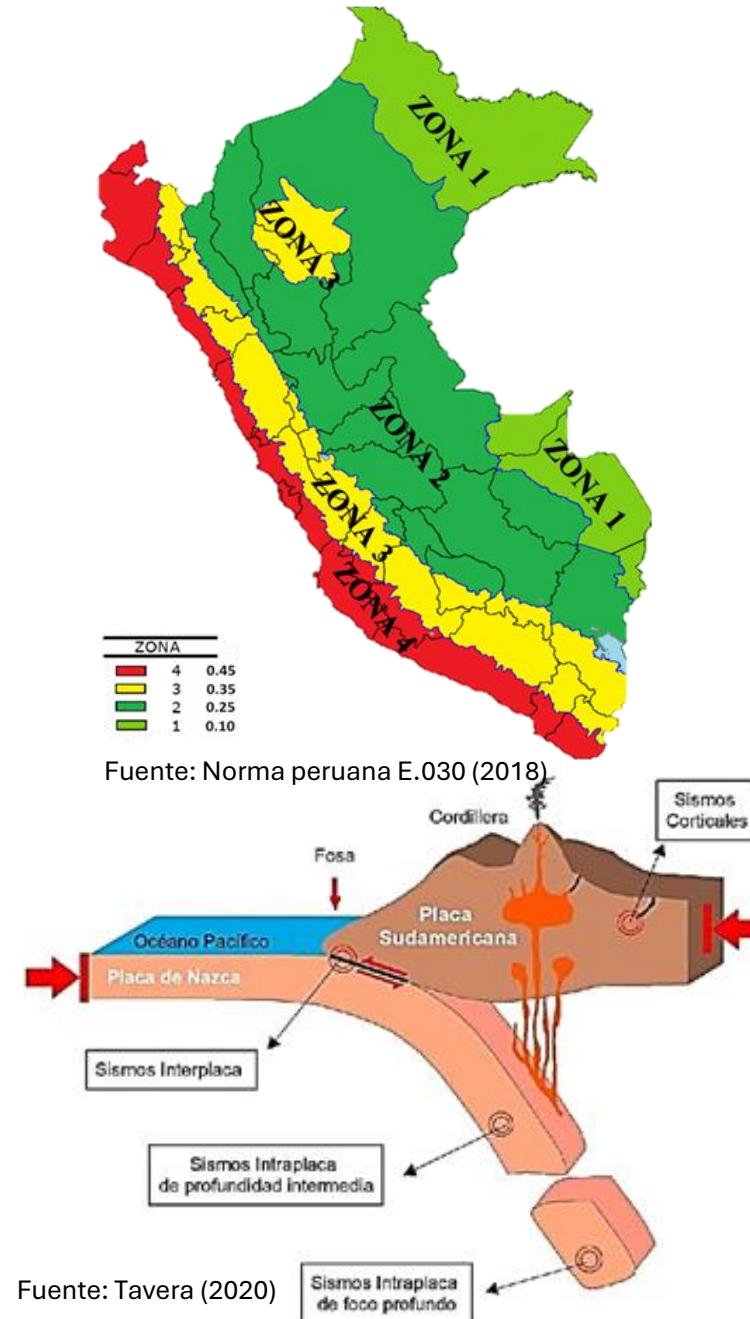


Fuente: Apuntes Dra. Benito

# MOTIVACIÓN



1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## 1. Motivación

## 2. Objetivos

## 3. Zonas de estudio

## 4. Metodología

## 5. Resultados

## 6. Conclusión

## 7. Recomendación

## 8. Referencias bibliográficas



# Motivación

ep, 2024 Argentina Colombia España México Mundo Últimas Noticias Turismo Perú Deportes Actualidad Entretenimiento

Perú Últimas Noticias Política Deportes Entretenimiento

PERÚ >

## Nuevo reporte tras terremoto en Amazonas: 5222 damnificados, 8009 afectados y 223 viviendas destruidas

Primera ministra Mirtha Vásquez señaló que sismo dejó también 17 heridos, 772 casas inhabitables, 65 colegios afectados y 42 centros de salud con daños severos en su infraestructura.

01 Dic, 2021 01:33 p.m. PE

f 0 0 0 0 0 0



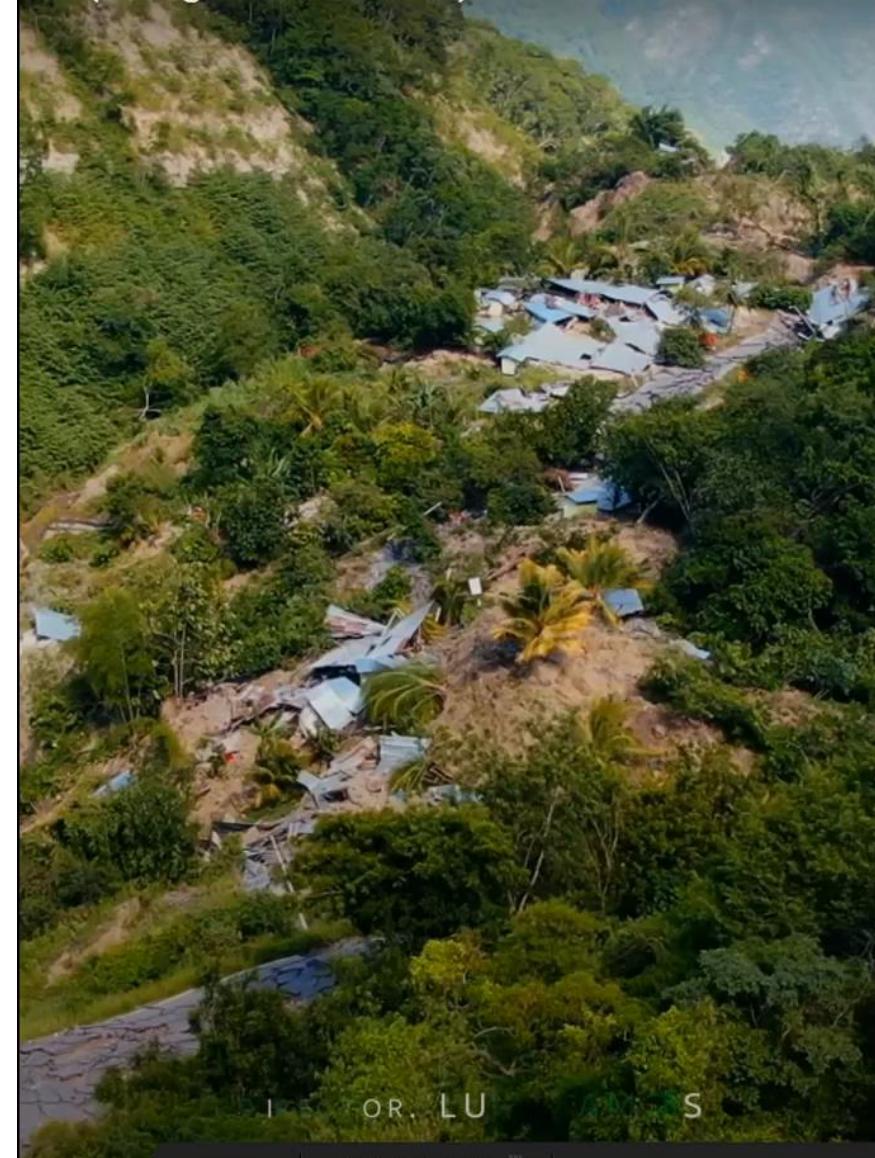
# Motivación (VIDEO TERREMOTO 2019)

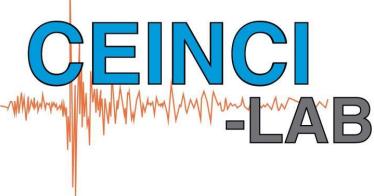
- 1. Motivación**
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



# Motivación (VIDEO TERREMOTO 2021)

- 1. Motivación**
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias  
bibliográficas





1. Motivación

## 2. Objetivos

3. Zonas de estudio

4. Metodología

5. Resultados

6. Conclusión

7. Recomendación

8. Referencias  
bibliográficas



### Objetivo Principal

- Evaluar el riesgo sísmico de las localidades de Pedro Ruiz Gallo y Nuevo Aserradero en el departamento de Amazonas, Perú

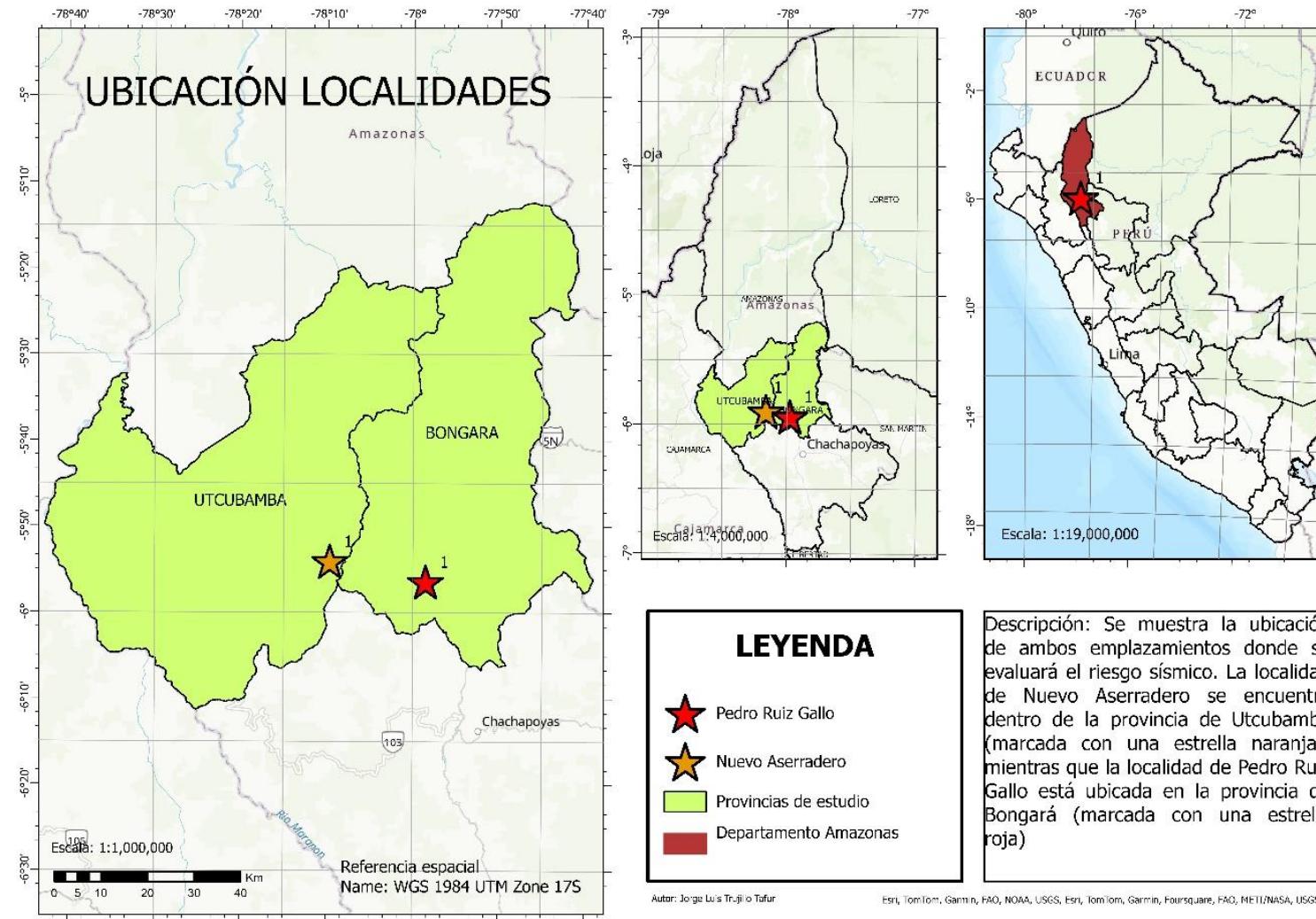
### Objetivo Específico

- Estimación probabilista de la peligrosidad sísmica de Perú.
- Caracterización de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones tipo de los municipios de estudio.
- Evaluación de las probabilidades de daño esperadas en las diferentes estructuras.

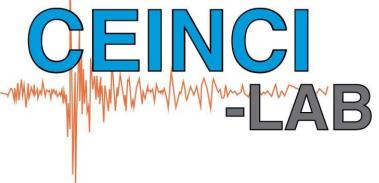
# UBICACIÓN DEL ESTUDIO

La localidad de Nuevo Aserradero es una pequeña comunidad con 380 habitantes, distribuidos en 84 viviendas (INEI, 2017). Pedro Ruiz Gallo tiene una población aproximada de 4500 habitantes y 1000 viviendas. (Intranet.info, 2024).

1. Motivación
2. Objetivos
- 3. Zonas de estudio**
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



# INDICE DE METODOLOGÍA



1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## 4.1 INTRODUCCIÓN

## 4.2 PELIGROSIDAD SÍSMICA DE PERÚ

Catálogo sísmico

Zonificación sismogenéticas

Modelos de recurrencia sísmica

Definición de parámetros geométricos

Modelos de movimiento fuerte

Evaluación probabilística de la peligrosidad

## 4.3 EFECTO DE SITIO

Localidad de Nuevo Aserradero

Localidad de Pedro Ruiz Gallo

## 4.4 EXPOSICIÓN

Tipologías constructivas – Nuevo Aserradero

Tipologías constructivas – Pedro Ruiz Gallo

Taxonomías GEM

## 4.5 VULNERABILIDAD

Evaluación de curvas de fragilidad

Estimación del nivel de daño

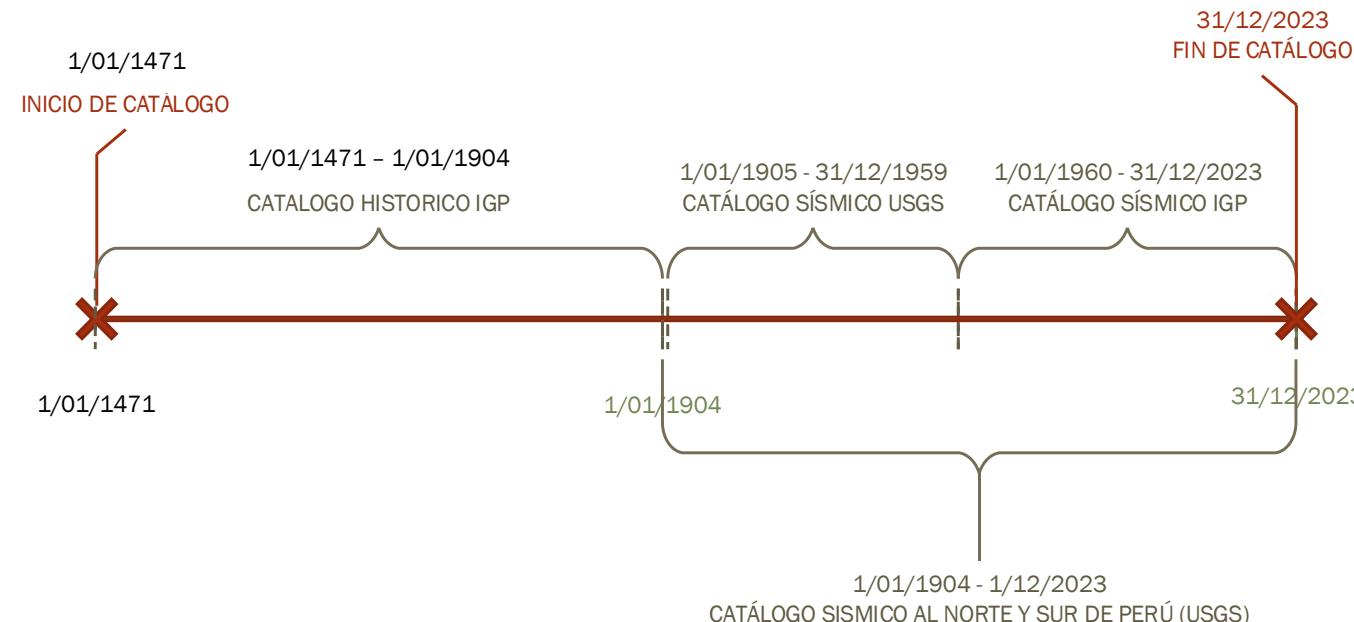
## 4.2 PELIGROSIDAD SÍSMICA

### Catálogo sísmico

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



- C1. De 1471 a 1904, los datos provienen del catálogo histórico del Instituto Geofísico del Perú (IGP).
- C2. De 1905 a 1959, los datos provienen del catálogo sísmicos de la USGS.
- C3. De 1960 a 2023, se utiliza el catálogo sísmico oficial del IGP, que cubre los eventos ocurridos dentro del territorio peruano.
- C4. De 1904 a 2023, se complementan los catálogos anteriores con datos provenientes de la USGS para zonas limítrofes al norte y sur del país, cubriendo así la zona de influencia sísmica.



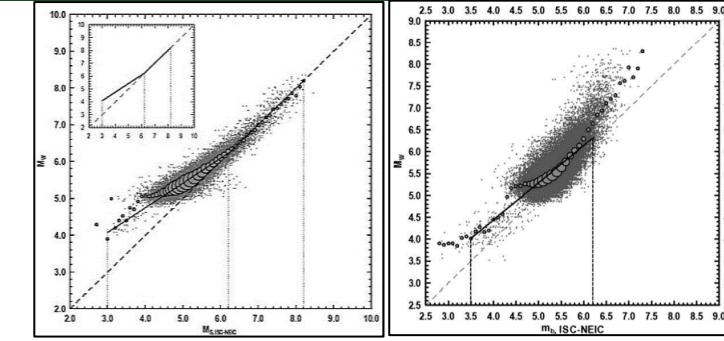
# Catálogo sísmico - Homogenización, Depuración y Completitud.

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



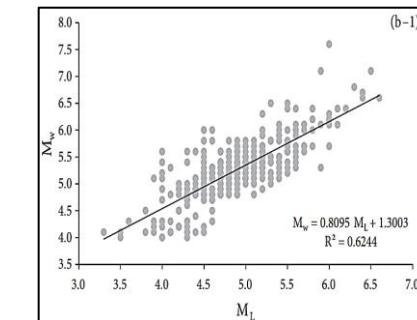
## Homogenización:

- Se ha usado de las ecuaciones de Scordilis (2006):  
 $M_W = 0.99M_S + 0.08, \quad 6.2 \leq M_S \leq 8.2 \quad (\text{Ecuación 5})$
- $M_W = 0.85m_b + 1.03, \quad 3.5 \leq M_S \leq 6.2 \quad (\text{Ecuación 6})$



- Y las ecuaciones de Kadirioğlu & Kartal, (2016)

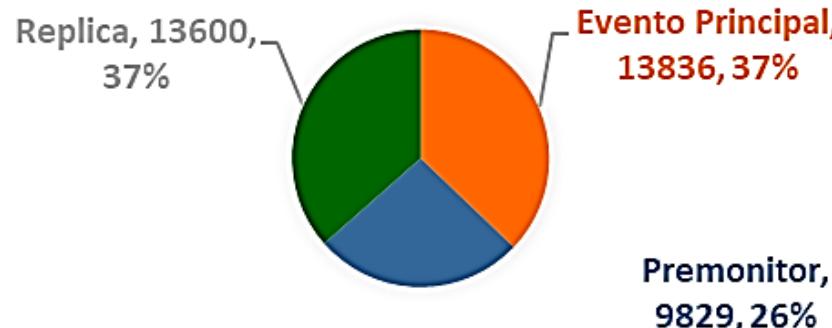
$$M_W = 0.8095(\pm 0.031)M_l + 1.3003(\pm 0.154), \quad 3.3 \leq M_l \leq 6.6$$



## Depuración:

- Para ello, se utilizó el método de ventanas espacio-temporales, concretamente el propuesto por Gardner-Knopoff (1974):

## CATÁLOGO (1471 - 2023)



# Catálogo sísmico

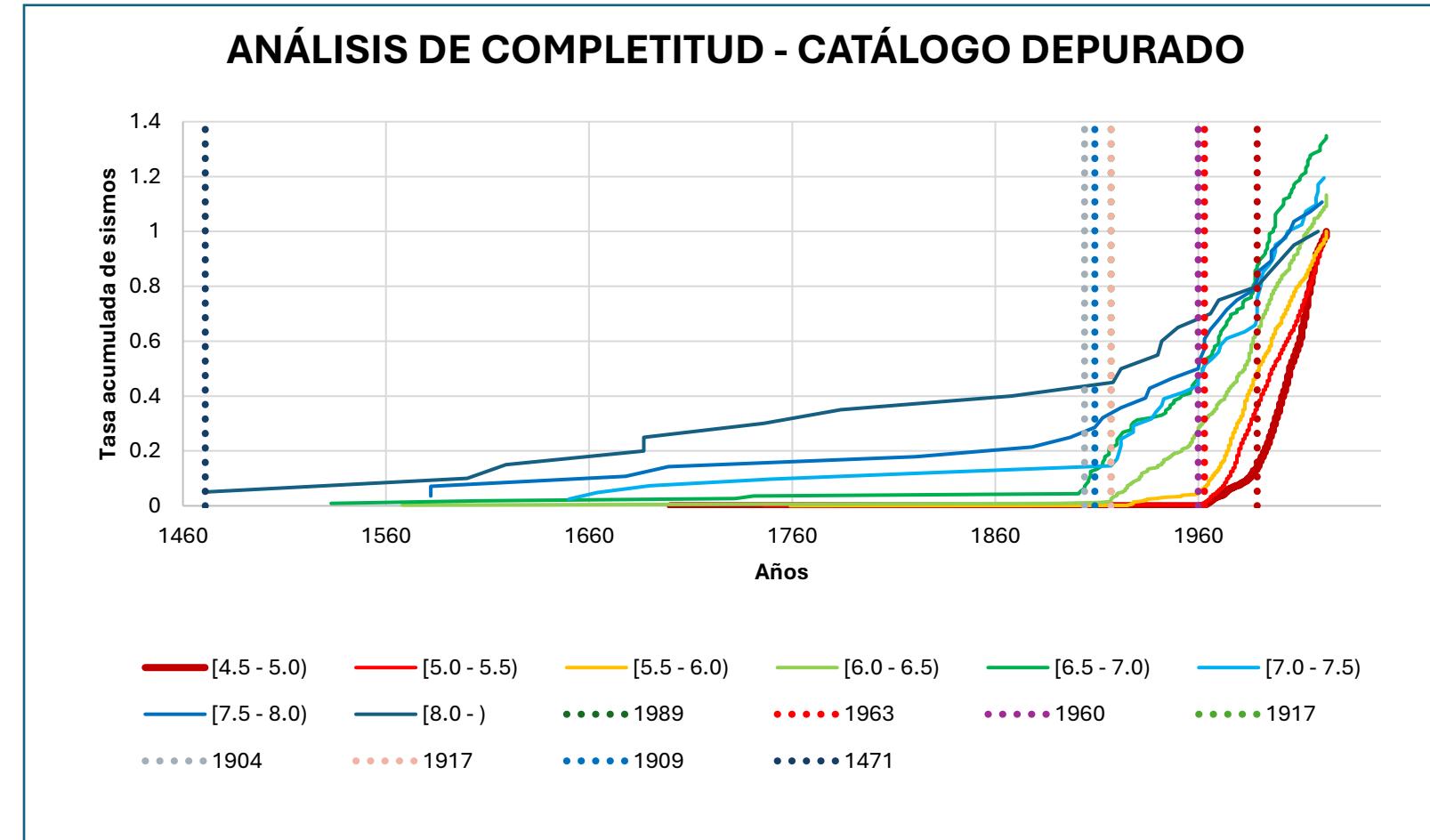
## - Homogenización, Depuración y Completitud.

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



### Análisis de completitud:

- AC1. Método de pendiente (*Slope*)



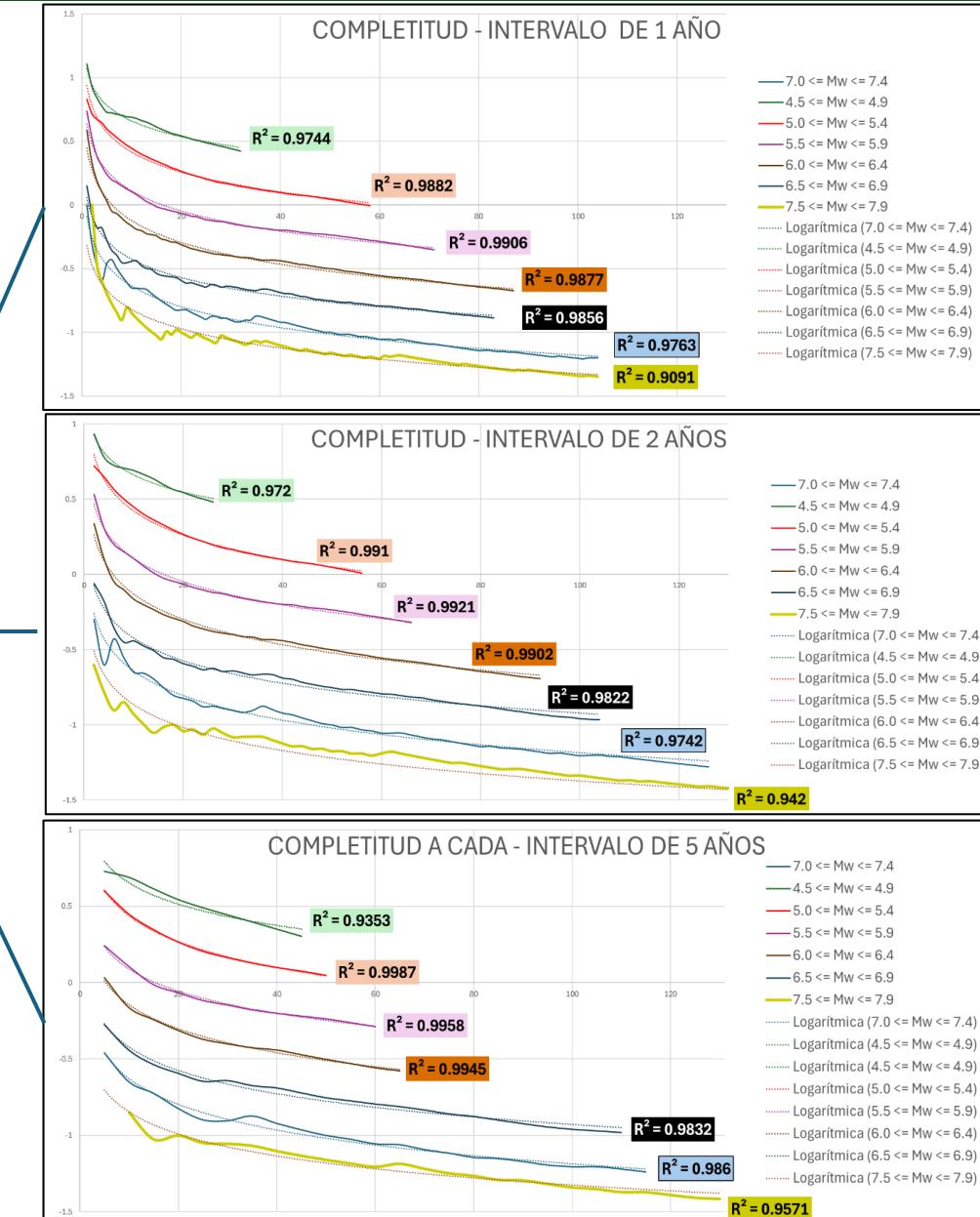
# Catálogo sísmico - Homogenización, Depuración y Completitud.

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## Análisis de completitud:

- **AC2. Método de Stepp**  
implementado por  
intervalos de años



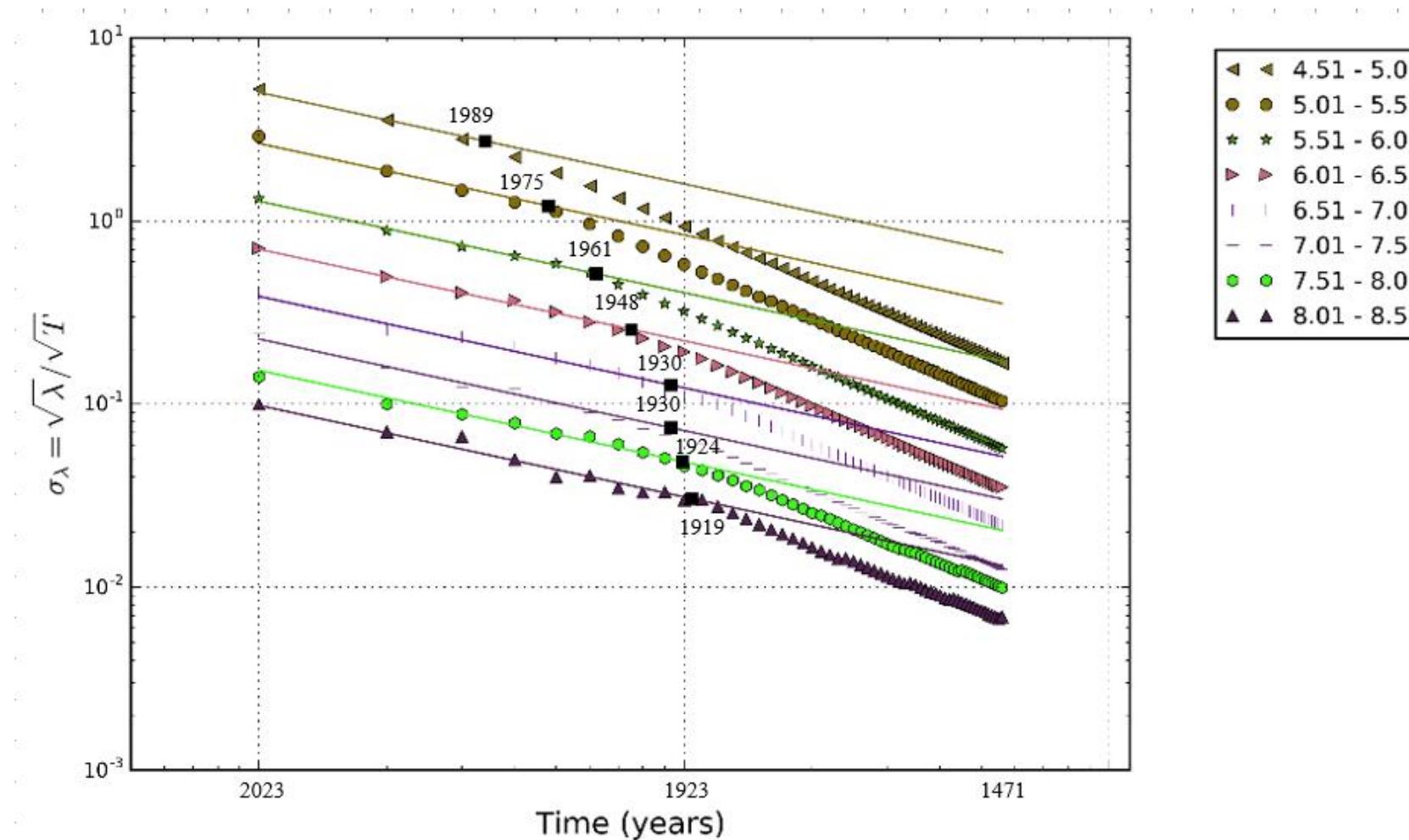
# Catálogo sísmico - Homogenización, Depuración y Completitud.

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## Análisis de completitud:

- **AC3. Método de Stepp implementado por OpenQuake Engine.**



# Catálogo sísmico

## - Resumen del análisis de completitud.

1. Motivación

2. Objetivos

3. Zonas de estudio

**4. Metodología**

5. Resultados

6. Conclusión

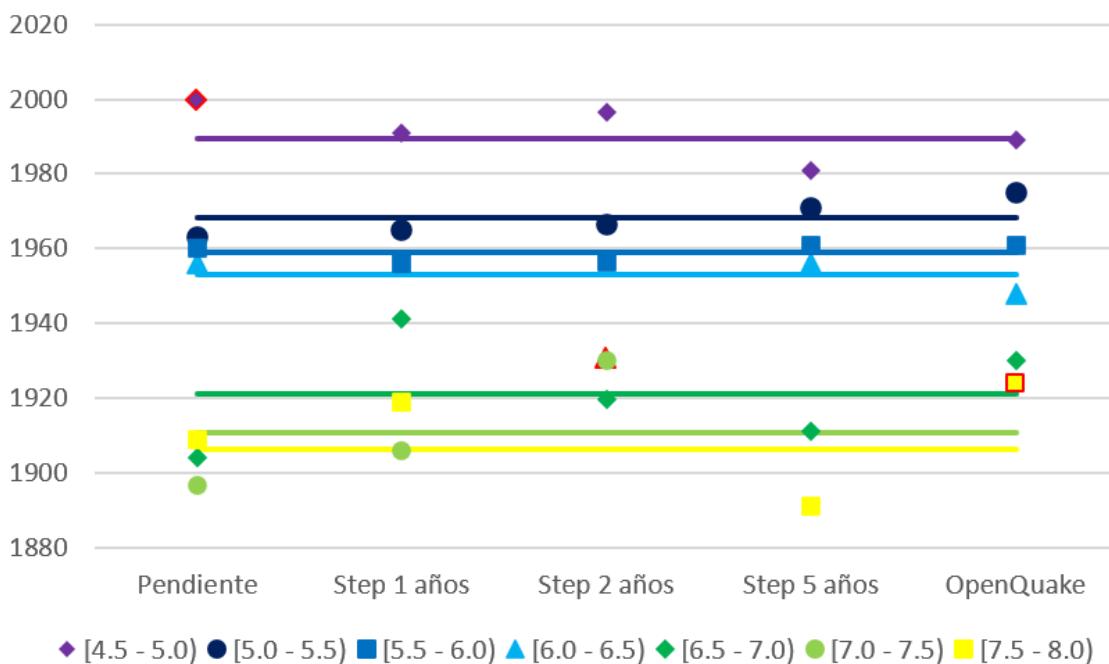
7. Recomendación

8. Referencias  
bibliográficas



Tabla. Años de completitud identificados con cada enfoque y en la última columna los años finales seleccionados. En rojo las soluciones divergentes que no se han tenido en cuenta. Con N/A los casos en los que el método no daba una solución.

Rango Mw	Pendiente	Step 1 años	Step 2 años	Step 5 años	OpenQuake	FINALES
[4.5 - 5.0)	-	<b>1989/2010</b>	1991	1997-	1983-	1989
[5.0 - 5.5)	-	1963	1965	1996	1979	<b>1968</b>
[5.5 - 6.0)	-	1960	1956	1967-	1973-	1975
[6.0 - 6.5)	-	1956	<b>N/A</b>	1957-	1963-	1961
[6.5 - 7.0)	-	<b>1904</b>	1941	1956	1958-	1948
[7.0 - 7.5)	-	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	1919-	1913-	1930
[7.5 - 8.0)	-	1909	1919	1920	1909	<b>1921</b>
[8.0 - )	-	1471	1471	1904	1908-	1930
				1896	1904	<b>1911</b>
				1919	1893-	1924
				1889	1889	<b>1906</b>
				1471	1471	<b>1919</b>
				1471	1471	<b>1471</b>

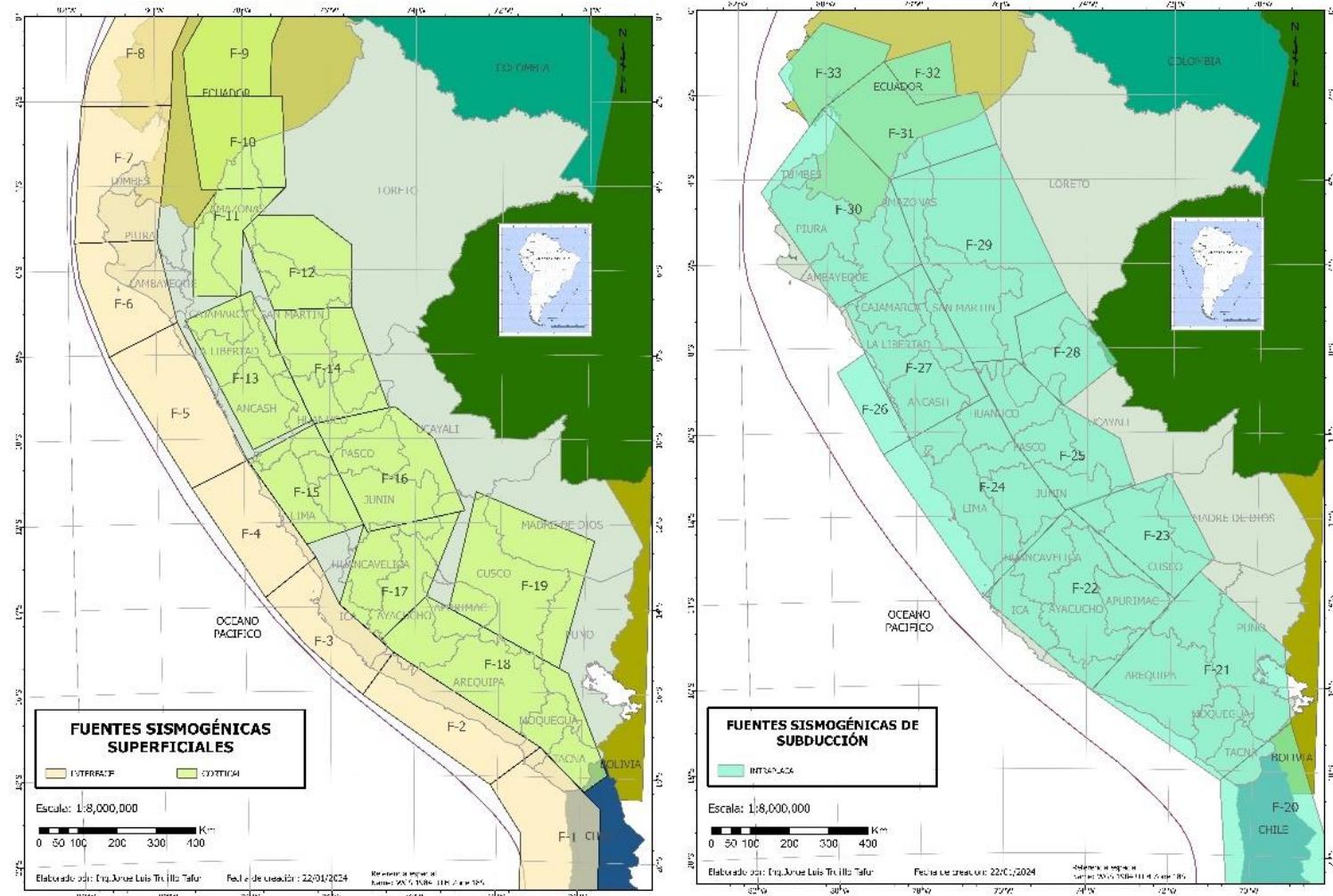


## Zonificación sísmogenética

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

Esta zonificación está compuesta por 33 zonas, distribuidas en los tres regímenes tectónicos presentes en el país: 11 zonas de sismicidad cortical, 9 zonas de subducción en interfase y 14 zonas de subducción intraplaca

Estas zonas fueron definidas por Tavera et al., (2014)

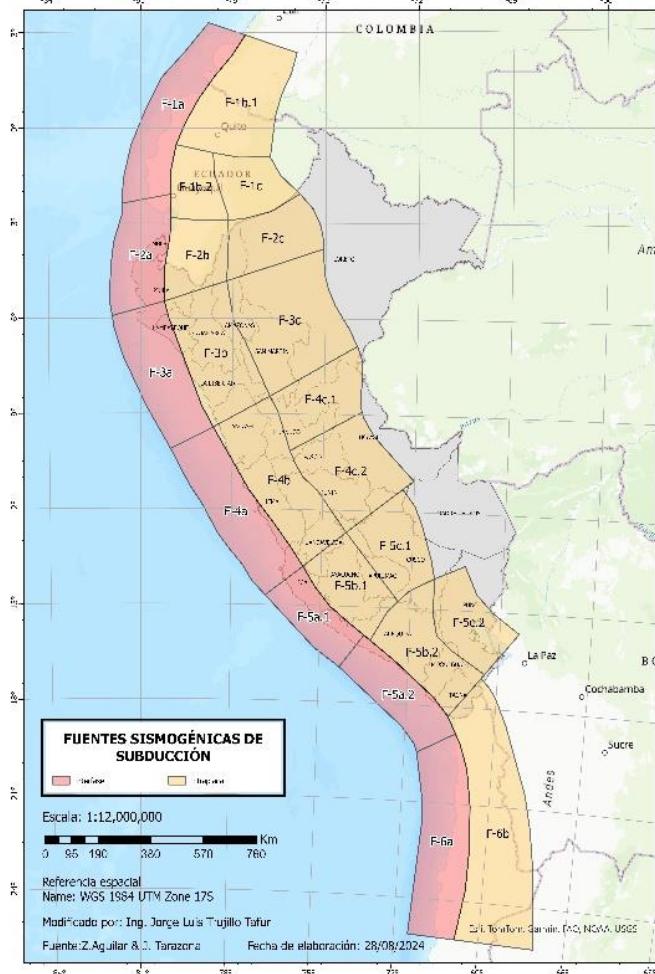


## Zonificación sísmogenética

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

Esta zonificación está compuesta por 34 zonas, nuevamente distribuidas en los tres regímenes tectónicos presentes en el país, en este caso: 12 zonas de sismicidad cortical, 7 zonas de subducción en interfase y 15 zonas de subducción intraplaca.

Las zonas corticales fueron adaptadas a partir del trabajo de (Aguilar & Tarazona, 2024). Al que llamamos AT, en el presente estudio



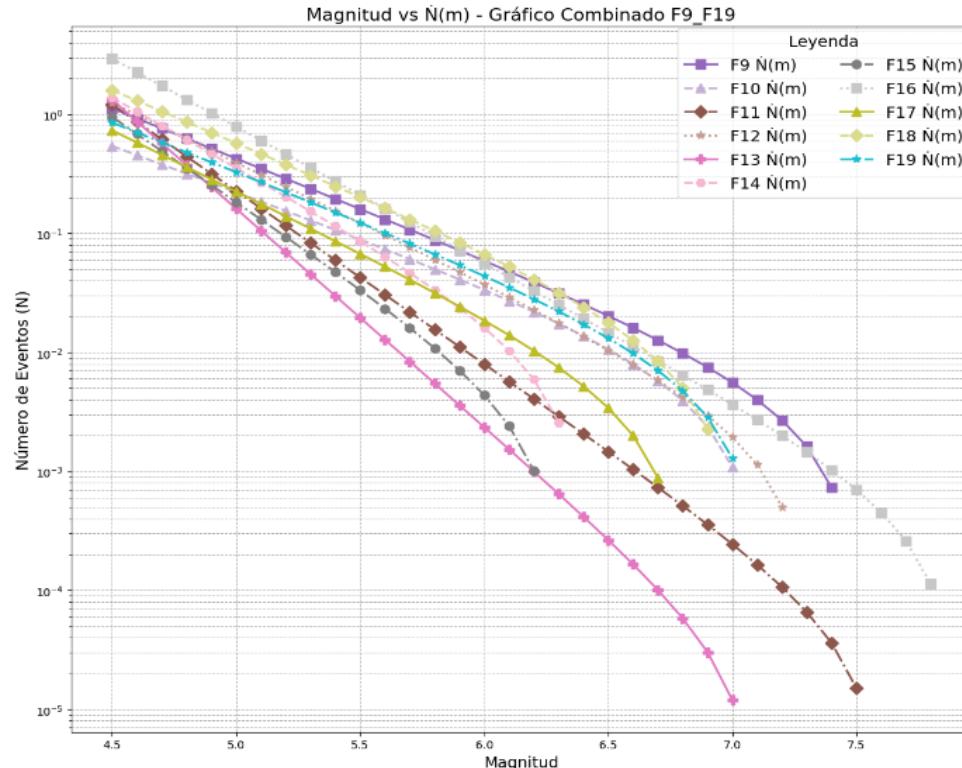
## Modelos de recurrencia sísmica

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

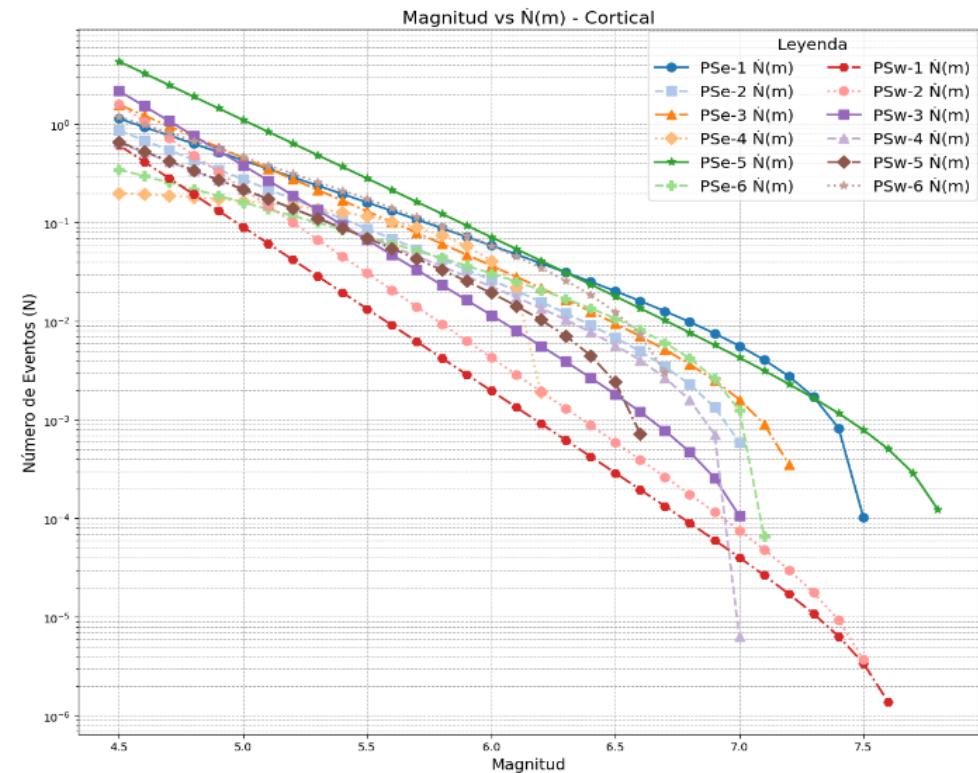


Izquierda. Rectas GR obtenidas en las zonas de cortical de la zonificación IGP. Derecha. Rectas GR obtenidas en las zonas de cortical de la zonificación AT.

Cortical IGP



Cortical AT

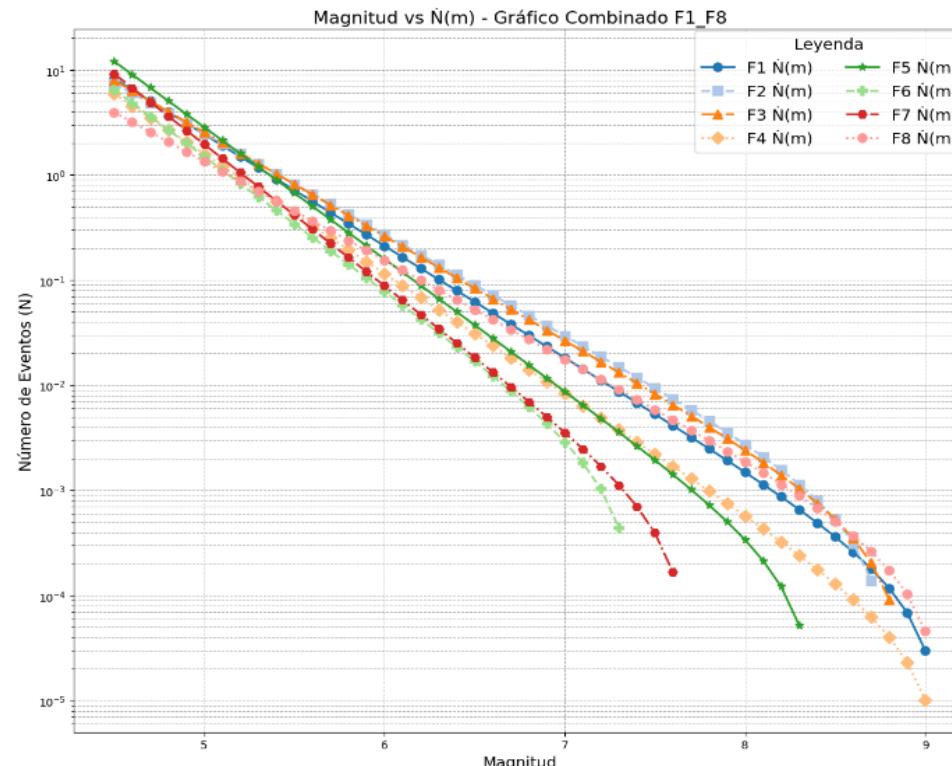


## Modelos de recurrencia sísmica

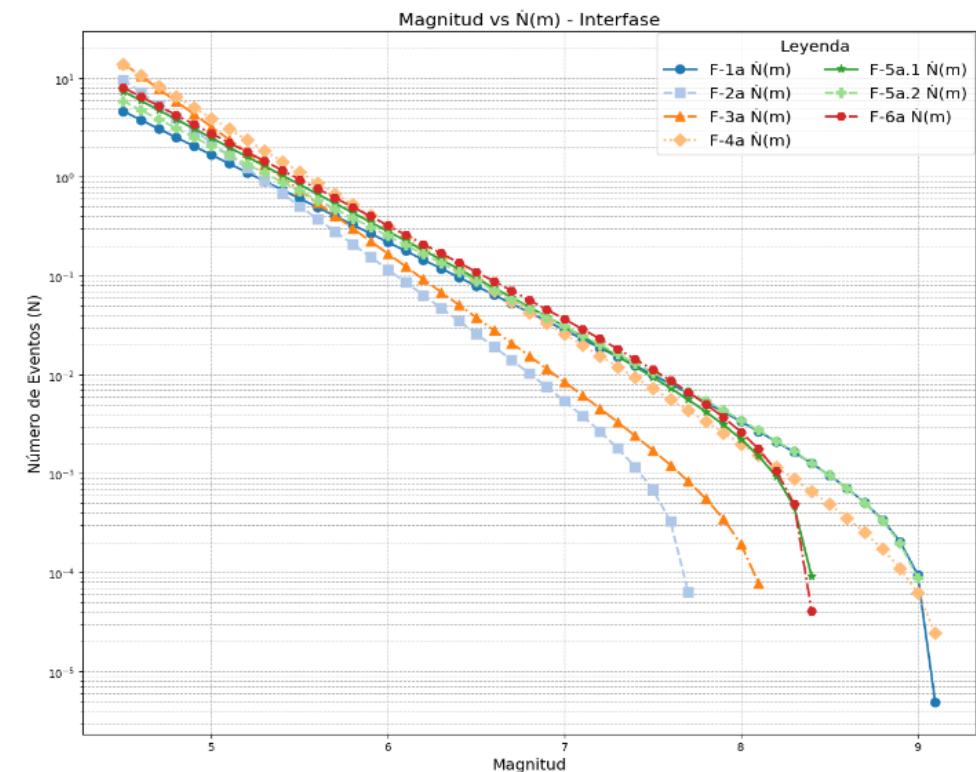
1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

Izquierda. Rectas GR obtenidas en las zonas de interfase de la zonificación IGP. Derecha. Rectas GR obtenidas en las zonas de interfase de la zonificación AT.

### Interfase IGP



### Interfase AT

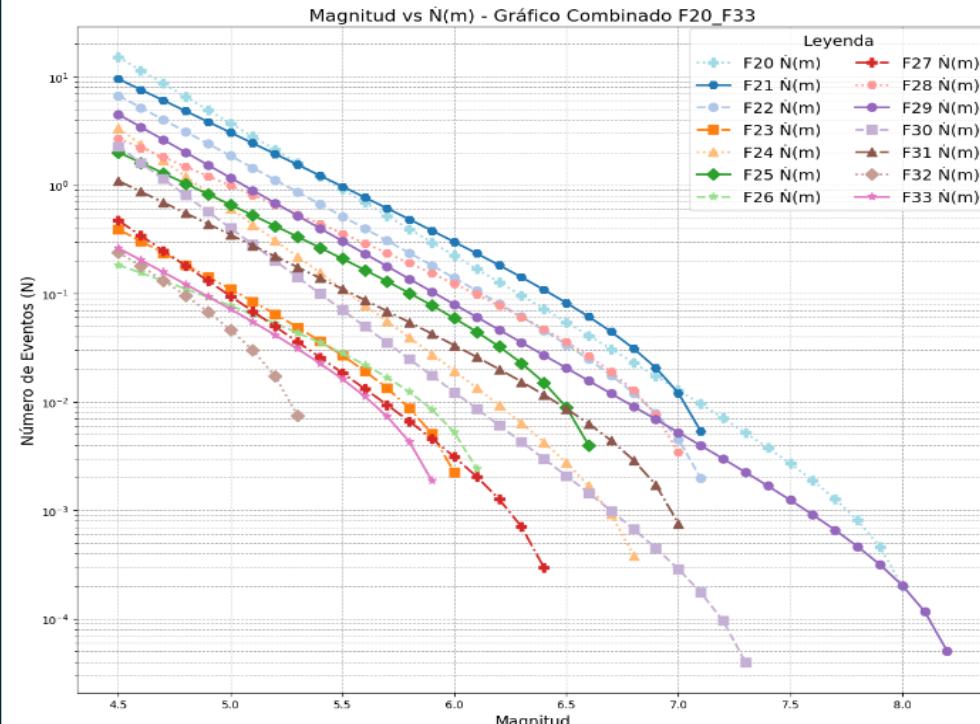


## Modelos de recurrencia sísmica

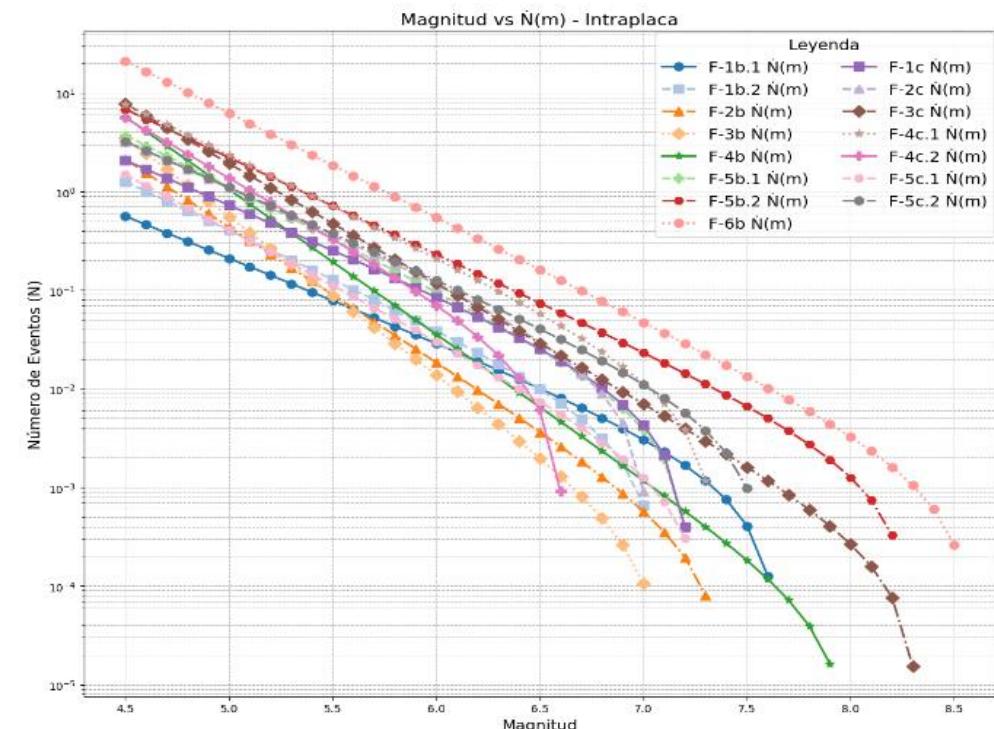
1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

*Izquierda. Rectas GR obtenidas en las zonas de intraplaca de la zonificación IGP. Derecha. Rectas GR obtenidas en las zonas de intraplaca de la zonificación AT*

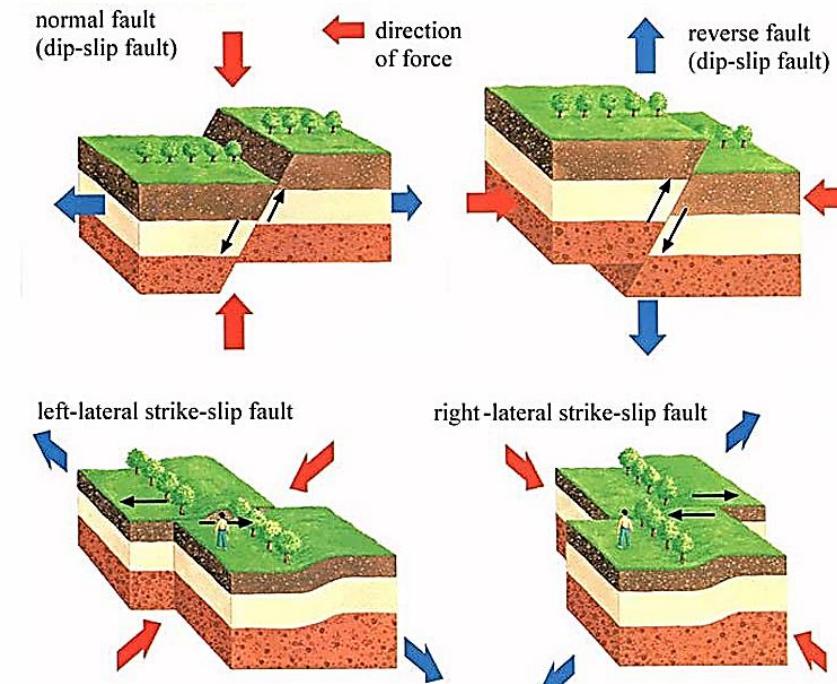
### Intraplaca IGP



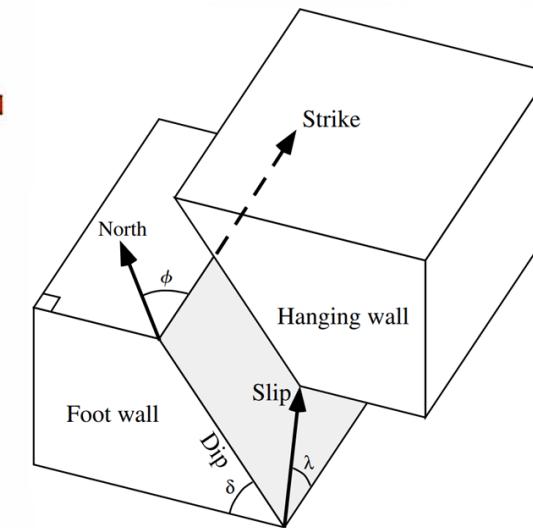
### Intraplaca AT



1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias  
bibliográficas



Fuente: Apuntes del Dr. Rueda



Fuente: Apuntes del Dr. Rueda

## Nomenclatura:

Strike=Acimut de la falla. Dirección de la traza de la falla desde el Norte. (0-360)

Dip = Ángulo de inclinación de la falla respecto a la horizontal. (0-90)

Rake= Cabeceo de la falla. Ángulo  $\lambda$  entre el vector deslizamiento (slip) y el acimut de la falla (strike). (0-360)

Foot wall= Bloque bajo de la falla

Hanging wall= Bloque alto de la falla.



# PELIGROSIDAD SÍSMICA

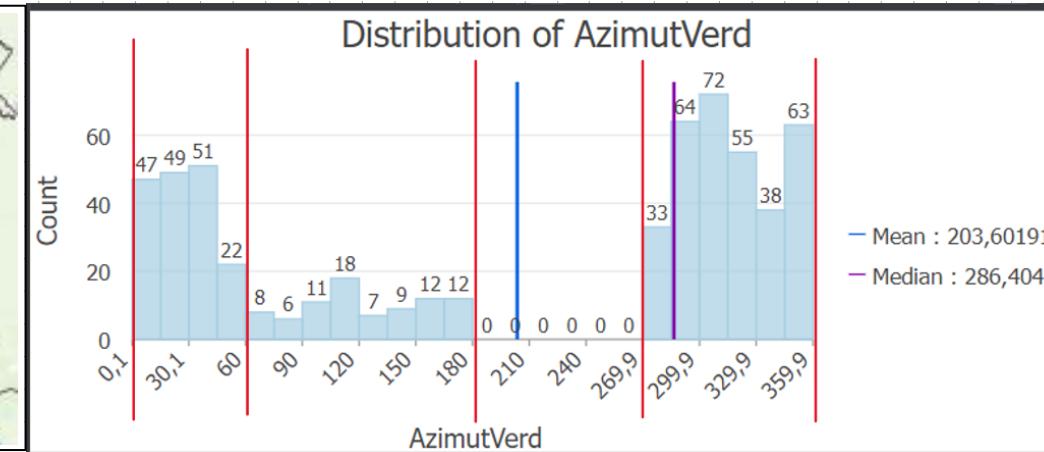
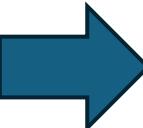
## 4.2.4 Parámetros geométricos

### Cortical

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



Histograma de frecuencia de Azimut (strike) de la F10 del IGP



Para buzamiento  
(dip)

Asumidos 3 ángulos: 30°, 60° y 90°

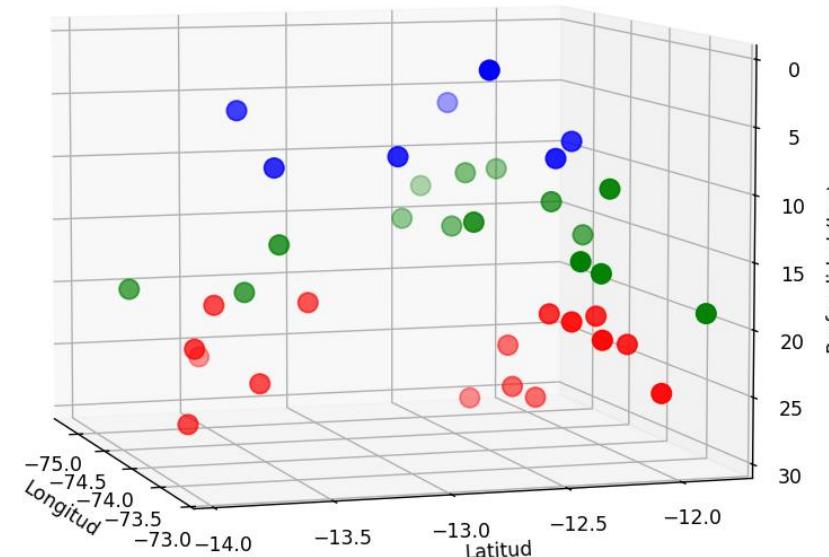
## 4.2.4 Parámetros geométricos

### Cortical. Profundidad.

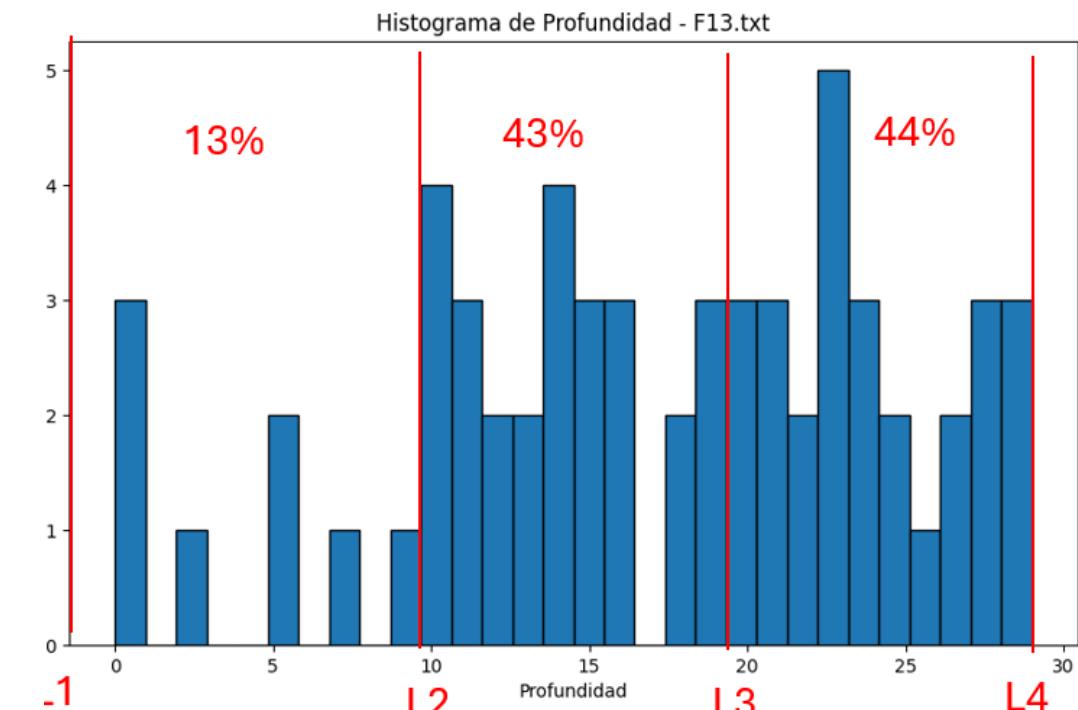
Vista 3D de terremotos – F13 IGP

Profundidades en 3D con Colores según Rango

- 0.0 - 9.67 km
- 9.67 - 19.33 km
- 19.33 - 29.0 km



Histograma – F13 IGP



1. Motivación

2. Objetivos

3. Zonas de estudio

**4. Metodología**

5. Resultados

6. Conclusión

7. Recomendación

8. Referencias  
bibliográficas



## 4.2.4 Parámetros geométricos

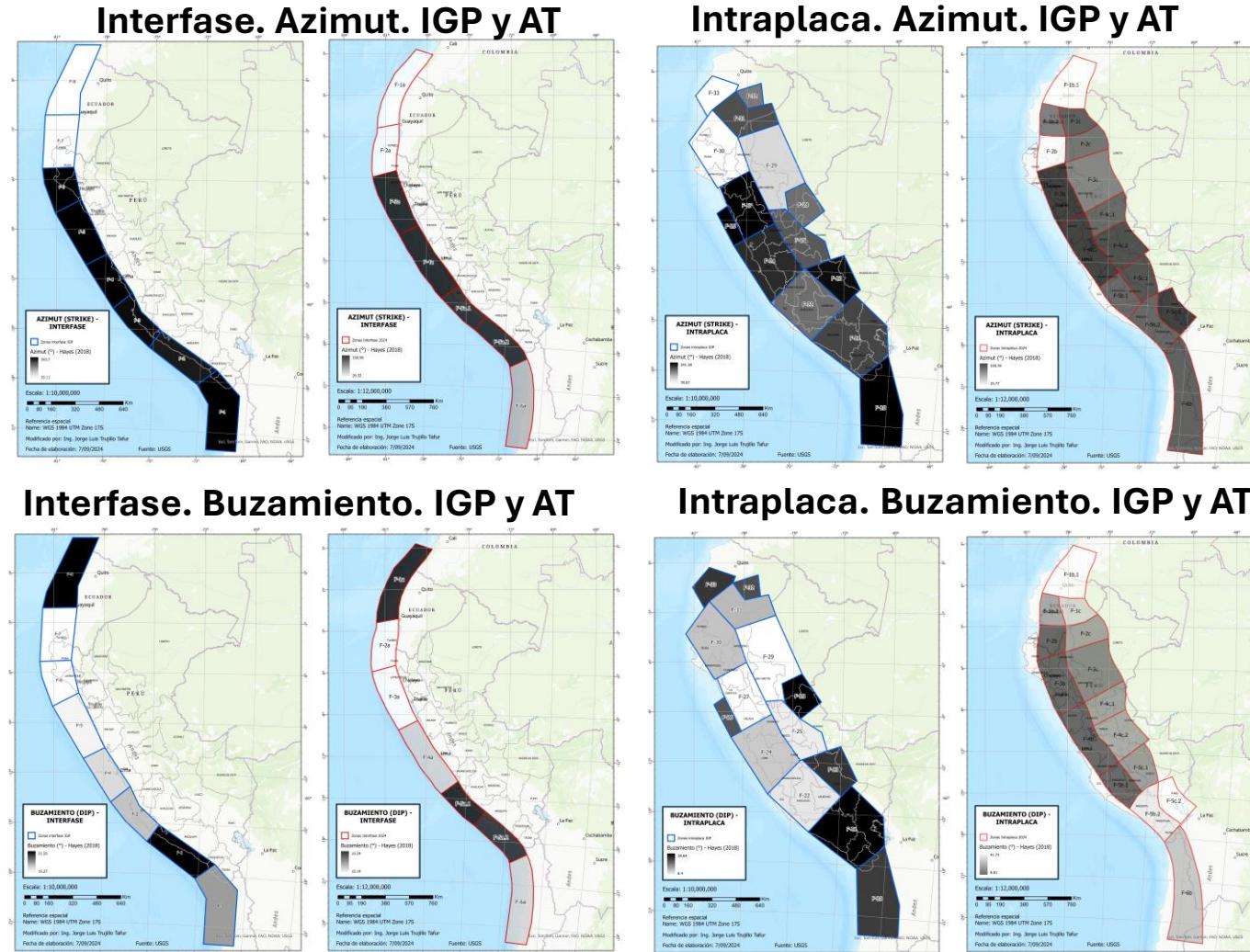
1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



### Subducción. Azimut (Strike) y Buzamiento (Dip):

En cuanto al azimut (strike) y el buzamiento (dip), se utilizaron los valores promedio asignados por el modelo de subducción de Hayes et al. (2018) en cada zona de interfase e intraplaca.

La extracción de esta información se realizó mediante álgebra de capas y herramientas de geoprocесamiento utilizando ArcGIS Pro.

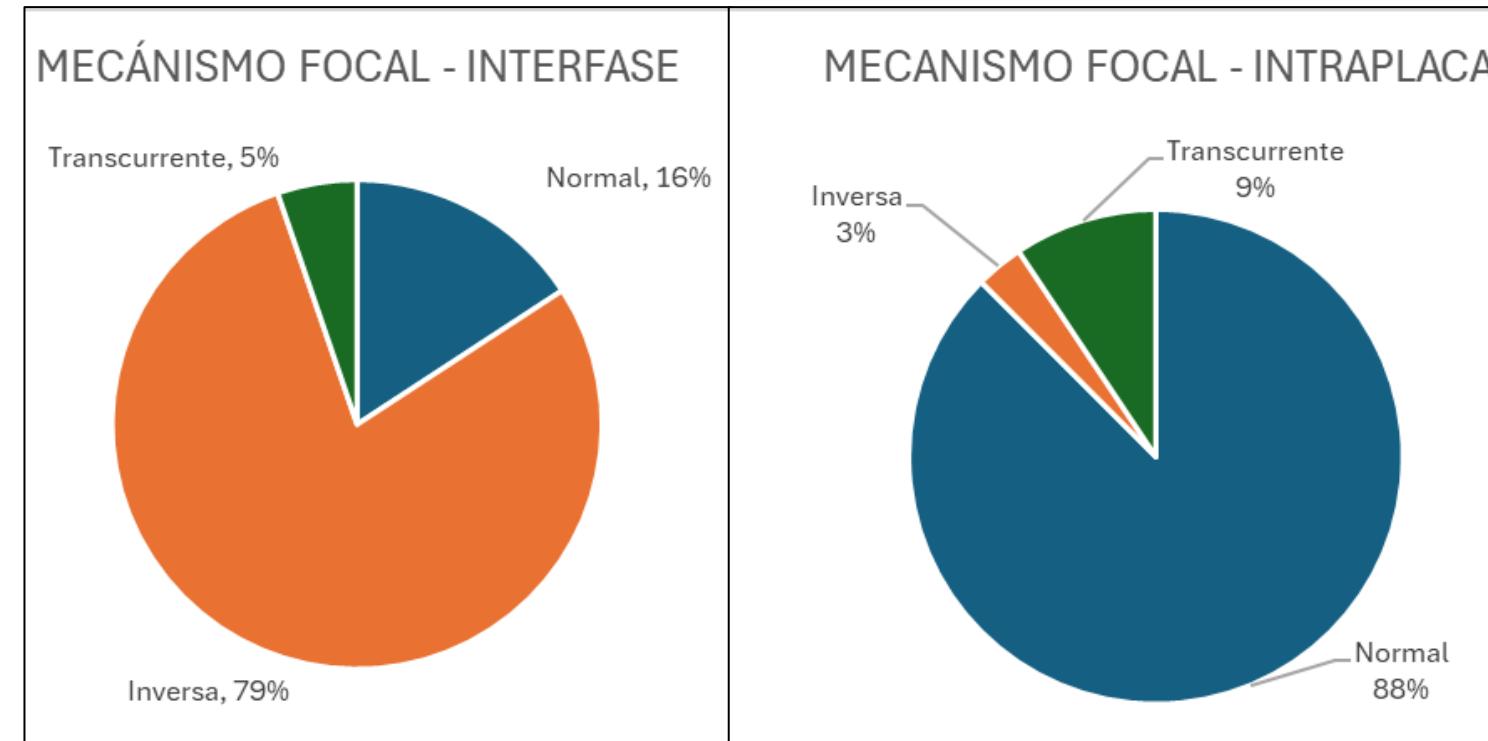


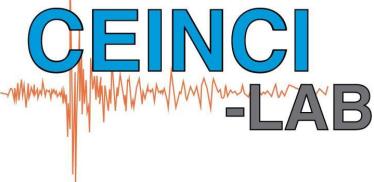
## 4.2.4 Parámetros geométricos

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

**Subducción (Interfase e Intraplaca). Rumbo o dirección(Rake):**

*Gráficos circulares. Izq. Mecanismo focal interfase. Dcho. Mecanismo focal Intraplaca.  
Haciendo uso de Huida (2021)*





1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. **Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



- 4.1 INTRODUCCIÓN
- 4.2 **PELIGROSIDAD SÍSMICA DE PERÚ**
  - 4.2.1. Catálogo sísmico
  - 4.2.2. Zonificación sismogenéticas
  - 4.2.3. Modelos de recurrencia sísmica
  - 4.2.4. Definición de parámetros geométricos
  - 4.2.5. **Modelos de movimiento fuerte**
  - 4.2.5. **Evaluación probabilística de la peligrosidad**
- 4.3 EFECTO DE SITIO
  - 4.3.1 Localidad de Nuevo Aserradero
  - 4.3.2 Localidad de Pedro Ruiz Gallo
- 4.4 EXPOSICIÓN
  - 4.4.1 Tipologías constructivas – Nuevo Aserradero
  - 4.4.2 Tipologías constructivas – Pedro Ruiz Gallo
  - 4.4.3 Taxonomías GEM
- 4.5 VULNERABILIDAD
  - 4.5.1 Evaluación de curvas de fragilidad
  - 4.5.2 Estimación del nivel de daño

## 4.2.3 Modelos de Movimiento Fuerte

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias  
bibliográficas



### 4.2.3.1 Criterios de selección de GMPEs

Primer criterio (C1) – Número de registros:

- Recomendable: superior a 1000 registros sísmicos 
- Intermedio: entre 999 y 201 registros sísmicos 
- No Recomendable: inferior a los 200 registros sísmicos 

Segundo criterio (C2) – Magnitud mínima

- Recomendable: inferior de 5.0 Mw 
- Intermedio: entre 5.1 a 5.9 Mw 
- No Recomendable: superior de 6.0Mw 

Tercer criterio (C3) – Magnitud máxima (subducción)

- Recomendable: superior a 8.5 Mw 
- Intermedio: entre 8.1 a 8.4 Mw 
- No Recomendable: inferior de 8.0Mw para interfase 

## 4.2.3 Modelos de Movimiento Fuerte

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias  
bibliográficas



### 4.2.3.1 Criterios de selección de GMPEs

Cuarto criterio (C4) – Tipo de distancia:

- Recomendable: Rrup 
- No Recomendable: Otro tipo de distancia 

Quinto criterio (C5) – Componente del movimiento horizontal predicha

- Recomendable: Media geométrica (de uso común) 
- Intermedio: otro componente de uso medio 
- No Recomendable: Desconocido 

Sexto criterio (C6) – Antigüedad de modelo

- Recomendable: Más moderno desde 2016 – 2024 
- Intermedio: Entre el 2015 – 1997 
- No Recomendable: Obsoleto (posiblemente inferior a 1996) 

## 4.2.3 Modelos de Movimiento Fuerte

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias  
bibliográficas



### 4.2.3.1 Criterios de selección de GMPEs

Séptimo criterio (C7) – Afinidad tectónica al sitio de estudio – Sudamérica:

- Si 
- No 

Octavo criterio (C8) – Modelo programado en OpenQuake Engine

- Si 
- No 

El régimen tectónico se tiene consideración de la siguiente forma:

✓ Régimen: Cortical (C), Interfase (IF) y Entrapace (IB)

- Si 
- No 

## 4.2.3 Modelos de Movimiento Fuerte

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

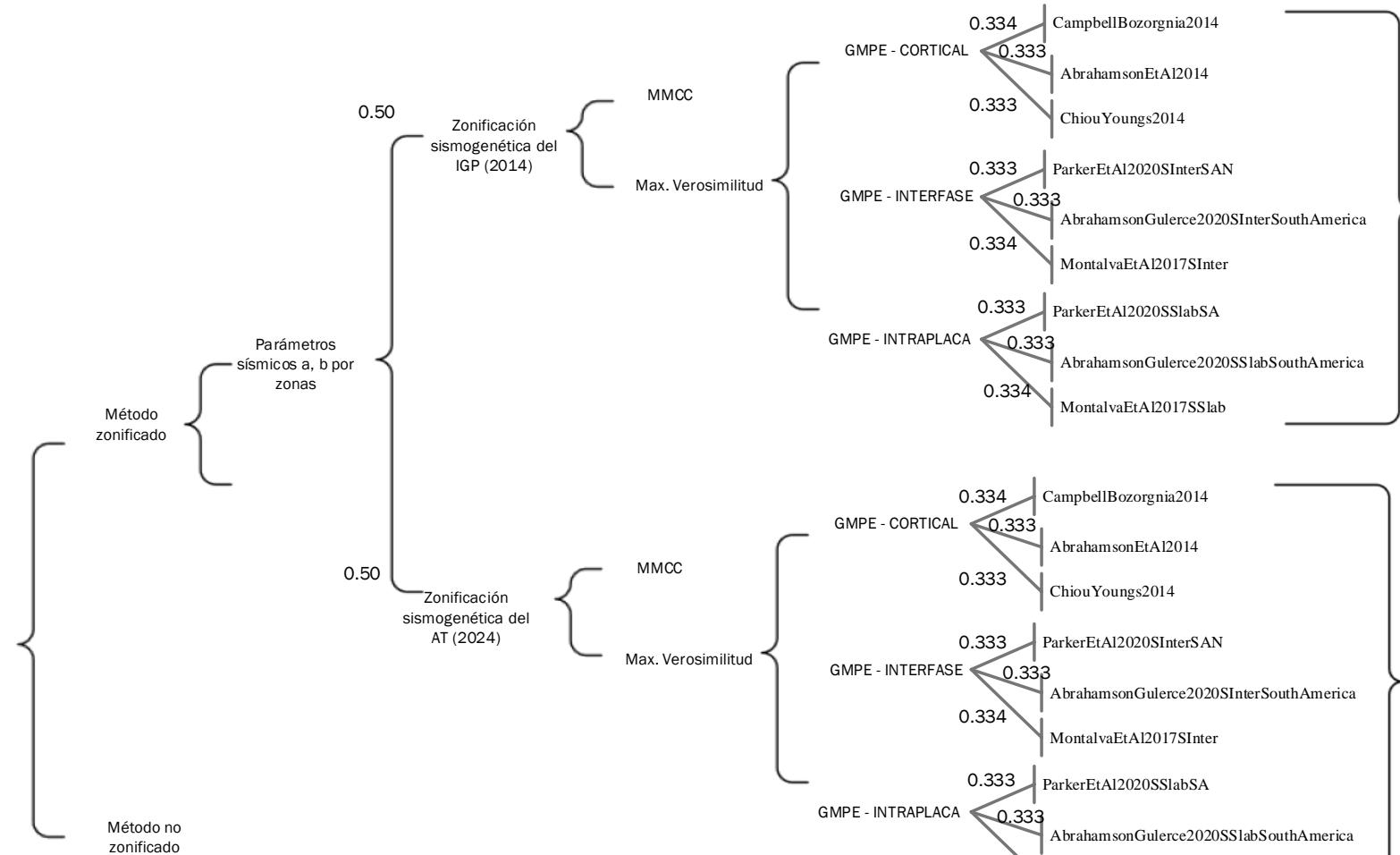
### 4.2.3.2 Modelo de movimiento fuerte para el estudio GMPEs

MODELO	CRITERIOS								NOTA	CANDIDATOS	MODELOS GMPE Y NGE ELEGIDOS	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8				
Zhao et al, 2006	●	●	●	●	●	●	✓	✓	●	●	●	Apto <span style="color:red">NO</span>
Zhao et al, 2016	●	●	●	●	●	●	✓	✓	●	●	●	Apto <span style="color:red">NO</span>
Montalva et al, 2017	●	●	●	●	●	●	✓	✓	○	●	●	Muy Apto <span style="color:green">SI</span>
Campbell & Bozorgnia, 2014	●	●	●	●	●	●	✓	✓	●	○	○	Muy Apto <span style="color:green">SI</span>
Parker et al, 2020	●	●	●	●	●	●	✓	✓	○	●	●	Muy Apto <span style="color:green">SI</span>
Abrahamson et al, 2014	●	●	●	●	●	●	✓	✓	●	○	○	Muy Apto <span style="color:green">SI</span>
Chio Young, 2014	●	●	●	●	●	●	✓	✓	●	○	○	Muy Apto <span style="color:green">SI</span>
Abrahamson Gullerce, 2020	●	●	●	●	●	●	✓	✓	○	●	●	Muy Apto <span style="color:green">SI</span>
Kuehn et al, 2020	●	●	●	●	●	●	✓	✗	○	●	●	No se tiene en OpenQuake <span style="color:red">NO</span>
Young et al, 1997	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	Es muy usado pero hay modelos más modernos <span style="color:red">NO</span>
Casaverde y Vargas (1980)	●	●	●	●	●	●	✓	✗	●	●	●	Sin acceso a documento y OpenQuake <span style="color:red">NO</span>



## 4.2.5 Evaluación probabilística de la peligrosidad (árbol lógico)

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

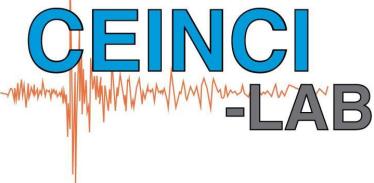


Ordenadas Espectrales:

- PGA
- SA(0.025)
- SA(0.05)
- SA(0.1)
- SA(0.2)
- SA(0.5)
- SA(1.0)
- SA(2.0)

Ordenadas Espectrales:

- PGA
- SA(0.025)
- SA(0.05)
- SA(0.1)
- SA(0.2)
- SA(0.5)
- SA(1.0)
- SA(2.0)



1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. **Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

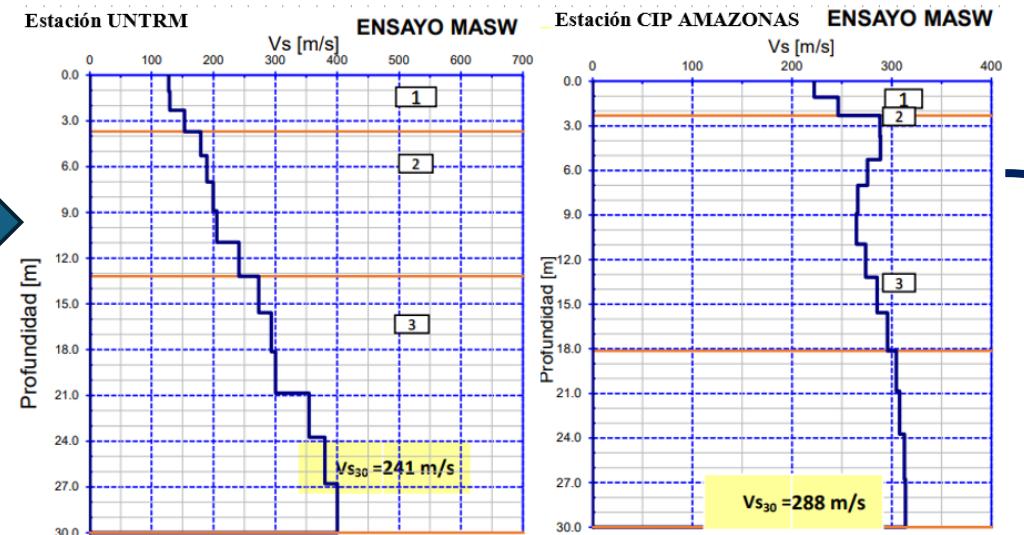
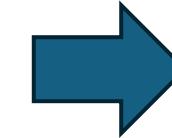


- 4.1 INTRODUCCIÓN
- 4.2 **PELIGROSIDAD SÍSMICA DE PERÚ**
  - 4.2.1. Catálogo sísmico
  - 4.2.2. Zonificación sismogenéticas
  - 4.2.3. Modelos de recurrencia sísmica
  - 4.2.4. Definición de parámetros geométricos
  - 4.2.5. Modelos de movimiento fuerte
  - 4.2.5. Evaluación probabilística de la peligrosidad
- 4.3 **EFFECTO DE SITIO**
  - 4.3.1 Localidad de Nuevo Aserradero
  - 4.3.2 Localidad de Pedro Ruiz Gallo
- 4.4 EXPOSICIÓN
  - 4.4.1 Tipologías constructivas – Nuevo Aserradero
  - 4.4.2 Tipologías constructivas – Pedro Ruiz Gallo
  - 4.4.3 Taxonomías GEM
- 4.5 VULNERABILIDAD
  - 4.5.1 Evaluación de curvas de fragilidad
  - 4.5.2 Estimación del nivel de daño

## 4.3 EFECTO DE SITIO

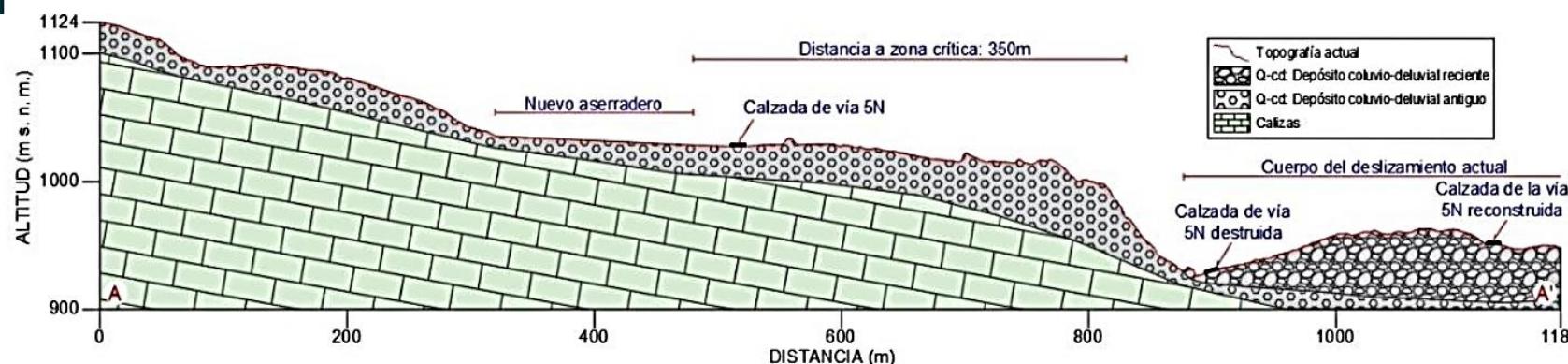
### 4.3.1 Localidad Nuevo Aserradero

- Estudios Vs<sub>30</sub> realizados por **Hurtado (2021)**, en estaciones cercanas a los emplazamientos



$Vs_{30} = 250 \text{ m/s}$

- Estudio de peligro geológico por parte del **Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2022)**



1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. **Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

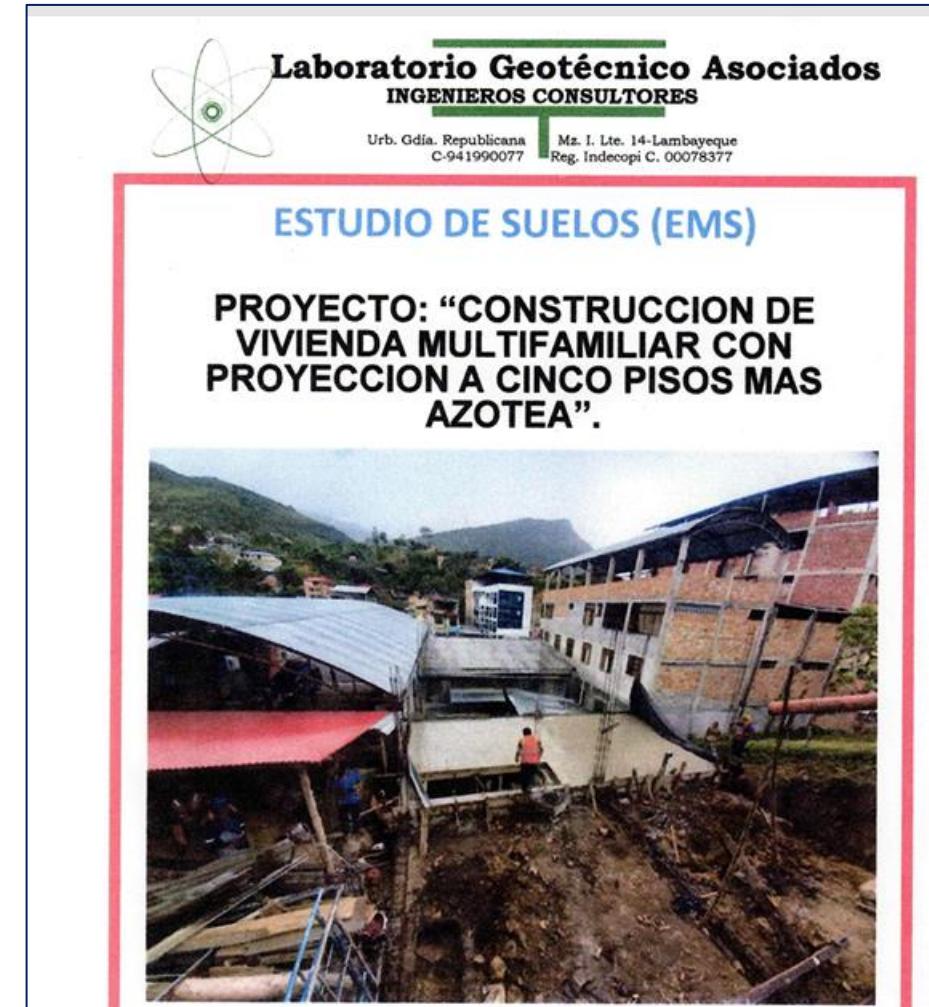


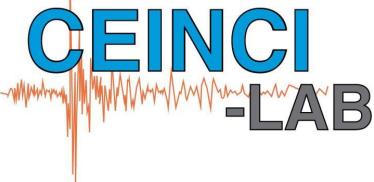
## 4.3 EFECTO DE SITIO

### 4.3.2 Localidad Pedro Ruiz Gallo

Para la obtención del Vs30 en la localidad de Pedro Ruiz Gallo, se solicitó información a la Municipalidad de Jazán, que proporcionó un estudio de suelo realizado por el Laboratorio Geotécnico Asociados (2023) en el marco del proyecto de “Construcción de vivienda multifamiliar con proyección a cinco pisos más azotea”

**El especialista Geólogo** de este estudio determinó una **tipología de suelo S3**, que acorde a la Norma peruana E.030, le corresponde un Vs30 menor a 180m/s, por tal motivo se considera un Vs30 característico para esta localidad de **Vs30= 180 m/s**





1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



- 4.1 INTRODUCCIÓN
- 4.2 PELIGROSIDAD SÍSMICA DE PERÚ**
  - 4.2.1. Catálogo sísmico
  - 4.2.2. Zonificación sismogenéticas
  - 4.2.3. Modelos de recurrencia sísmica
  - 4.2.4. Definición de parámetros geométricos
  - 4.2.5. Modelos de movimiento fuerte
  - 4.2.5. Evaluación probabilística de la peligrosidad
- 4.3 EFECTO DE SITIO**
  - 4.3.1 Localidad de Nuevo Aserradero
  - 4.3.2 Localidad de Pedro Ruiz Gallo
- 4.4 EXPOSICIÓN**
  - 4.4.1 Tipologías constructivas – Nuevo Aserradero
  - 4.4.2 Tipologías constructivas – Pedro Ruiz Gallo
  - 4.4.3 Taxonomías GEM
- 4.5 VULNERABILIDAD**
  - 4.5.1 Evaluación de curvas de fragilidad
  - 4.5.2 Estimación del nivel de daño

## 4.4 EXPOSICIÓN

Para la identificación de la vulnerabilidad de las edificaciones expuestas elaborada en el presente estudio, se ha realizado un recorrido en ambos emplazamientos IN-SITU con el fin de identificar las tipologías constructivas típicas de cada localidad

### 4.4.1 Localidad Nuevo Aserradero

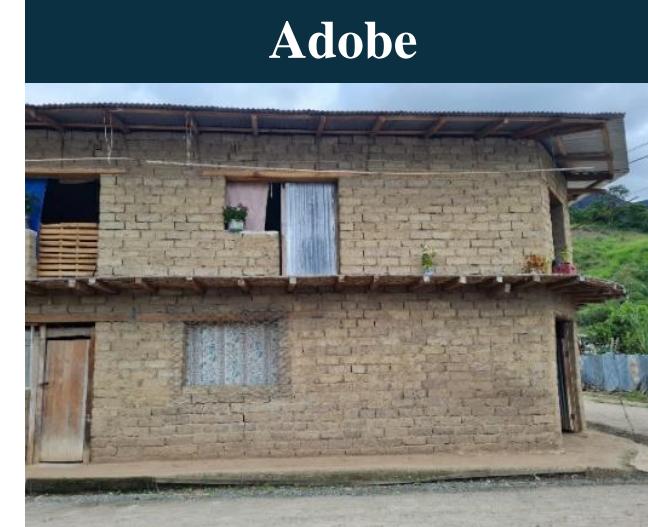
Tipologías constructivas identificadas: **Tapial, adobe, mampostería confinada formal e informal, madera y quincha.**

#### Tipologías predominantes:

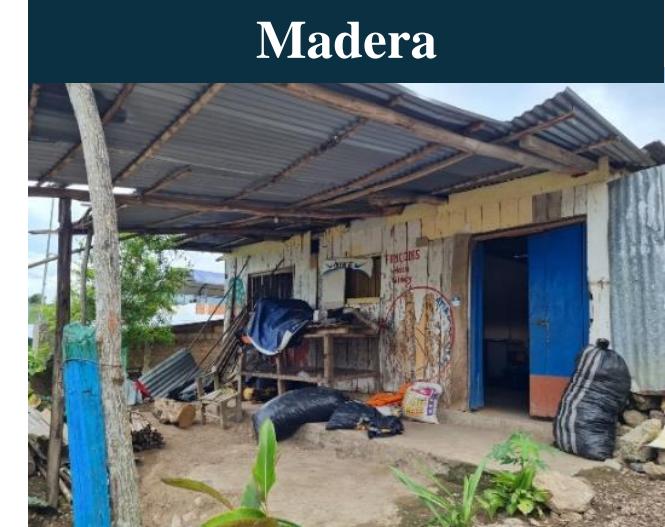
**Tapial**



**Adobe**



**Madera**



1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

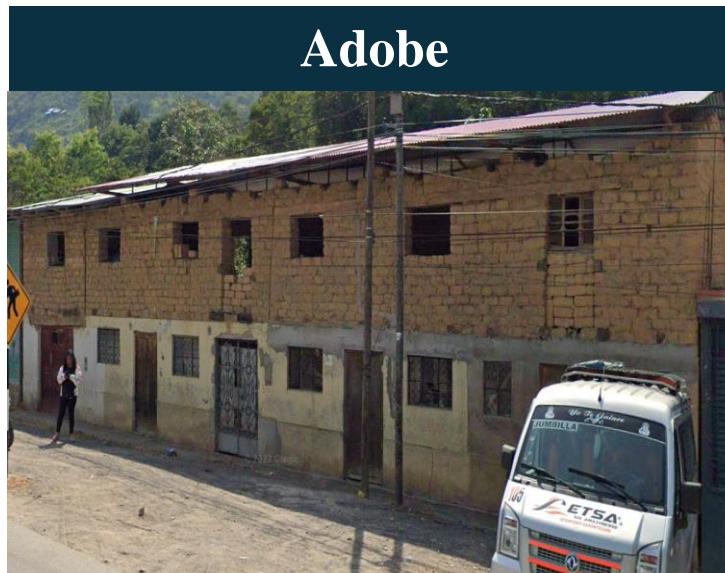


## 4.4 EXPOSICIÓN

### 4.4.2 Localidad Pedro Ruiz Gallo

Tipologías constructivas identificadas: **Adobe, mampostería confinada formal e informal, concreto armado, estructura metálica y madera**

**Tipologías predominantes:**



1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. **Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## 4.4 EXPOSICIÓN

## Consideraciones observadas que incrementan la vulnerabilidad

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. **Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## 4.4 EXPOSICIÓN

## Consideraciones observadas que incrementan la vulnerabilidad

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. **Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## 4.4 EXPOSICIÓN

## Consideraciones observadas que incrementan la vulnerabilidad

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## 4.4 EXPOSICIÓN

## Consideraciones observadas que incrementan la vulnerabilidad

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. **Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## 4.4 EXPOSICIÓN

## Consideraciones observadas que incrementan la vulnerabilidad

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

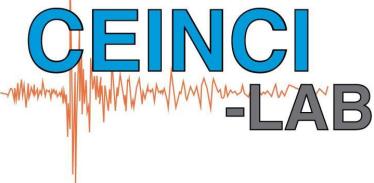


## 4.4.3 Taxonomía GEM

Teniendo en cuenta toda la información levantada de los edificios representativos, se puede hacer una codificación a las tipologías tipo de los emplazamientos, haciendo uso solo de la información del sistema estructural, se codifica las tipologías tipo de los emplazamientos como se muestra en la Tabla:

TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA Y MATERIAL ESTRUCTURAL VERTICAL PRINCIPAL	LOSA O FORJADO		CÓDIGO GEM	DESCRIPCIÓN DEL CÓDIGO GEM
Tapial (Vivienda elaborada con arcilla, compactada en capas de 10 cm)	Madera	1 - 3	ER+ETR/LWAL	Tipo de material: tierra (ER); tecnología de material: tierra apisonada (ETR) y de resistencia lateral de muro (LWAL)
Adobe (Vivienda construida por unidades de adobe de medidas comunes de 40cmx40cmx10cm)	Madera y palmera (pona)	1 - 2	MUR+ADO+MOM/LWAL	Tipo de material: Mampostería no reforzada (MUR); tecnología de material: bloques de adobe (ADO), propiedad de material: mortero de barro (MOM) y de resistencia lateral de muro (LWAL)
Mampostería de albañilería confinada 1 (Vivienda construida con unidades de albañilería pandereta, los cuales no son recomendables para muros portantes)	Aligerada de una dirección	1-5	MCF+CLBRH+MOC/LWAL	Tipo de material: Mampostería confinada (MCF); tecnología de material: bloques de ladrillos de arcilla huecos (CLBRH), propiedad de material: mortero de cemento (MOC) y de resistencia lateral de muro (LWAL)
Mampostería de albañilería confinada 2 (Vivienda construida con unidades de ladrillos de cemento.)	Aligerada de una dirección	1-2	MCF+CBH+MOC/LWAL	Tipo de material: Mampostería confinada (MCF); tecnología de material: bloques de concreto huecos (CBH), propiedad de material: mortero de cemento (MOC) y de resistencia lateral de muro (LWAL)
Mampostería de albañilería informal (Viviendas de con unidades de albañilería artesanal con propiedades desconocidas)	Aligerada de una dirección	1-5	MCF+MOC/LWAL	Tipo de material: Mampostería confinada (MCF); tecnología de material: desconocido (-), propiedad de material: mortero de cemento (MOC) y de resistencia lateral de muro (LWAL)
Concreto armado (pórticos.)	Maciza	4	CR+CIP/LPB+DUC	Tipo de material: Concreto armado (CR); tecnología de material: vaciado de concreto IN-SITU, de resistencia lateral de columnas y vigas (LPB) y con ductilidad (DUC)
Madera (Viviendas informales, construidas con tablas sin ningún control de calidad)	N/A	1	W/LPB	Tipo de material: madera (W); tecnología de material: desconocido (-), tipo de resistencia lateral de columnas y vigas (LPB) y con ductilidad desconocida (-)
Quinchá (Viviendas construidas con caña o cañavera conocido localmente como carrizo, en conjunto con barro)	N/A	1	ER+ETC/LN	Tipo de material: tierra reforzada con carrizo (ER); tecnología de material: tierra apisonada (ETC) y de resistencia lateral: no tiene un sistema de resistencia (LN)
Estructura metálica (Estructura construidas para soportar cubiertas de coliseo, para losas deportivas y colegios)	Cobertura liviana	1	S+SL+BOL/LPB+DUC	Tipo de material: acero (S); tecnología de material: elementos elaborados en frío (SL), con propiedad de material: conexión de





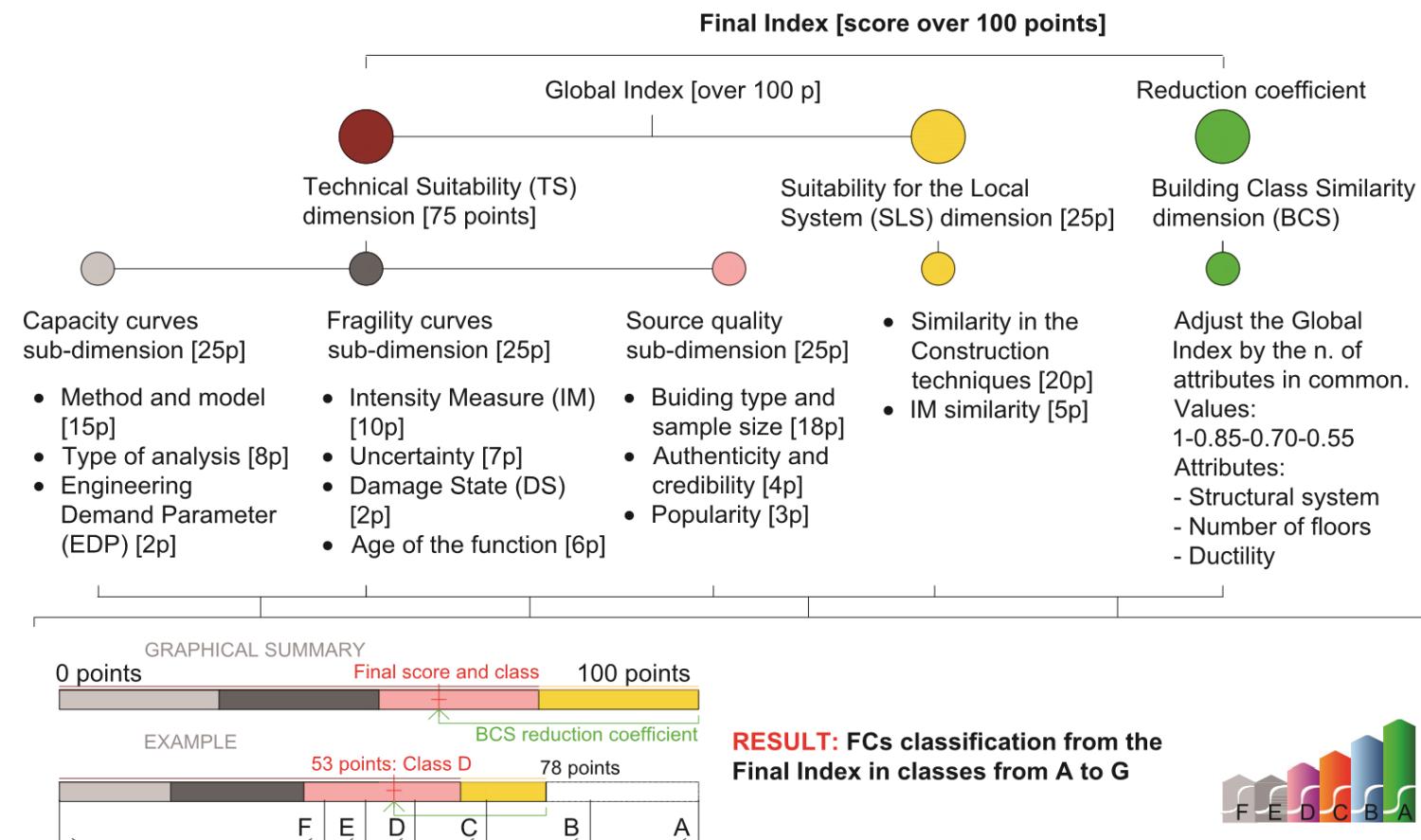
1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. **Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



- 4.1 INTRODUCCIÓN
- 4.2 **PELIGROSIDAD SÍSMICA DE PERÚ**
  - 4.2.1. Catálogo sísmico
  - 4.2.2. Zonificación sismogenéticas
  - 4.2.3. Modelos de recurrencia sísmica
  - 4.2.4. Definición de parámetros geométricos
  - 4.2.5. Modelos de movimiento fuerte
  - 4.2.5. Evaluación probabilística de la peligrosidad
- 4.3 EFECTO DE SITIO
  - 4.3.1 Localidad de Nuevo Aserradero
  - 4.3.2 Localidad de Pedro Ruiz Gallo
- 4.4 EXPOSICIÓN
  - 4.4.1 Tipologías constructivas – Nuevo Aserradero
  - 4.4.2 Tipologías constructivas – Pedro Ruiz Gallo
  - 4.4.3 Taxonomías GEM
- 4.5 VULNERABILIDAD
  - 4.5.1 Evaluación de curvas de fragilidad
  - 4.5.2 Estimación del nivel de daño

## 4.5 VULNERABILIDAD

Una vez identificadas las tipologías estructurales y comprendida la peligrosidad sísmica en los emplazamientos, es crucial contar con curvas de fragilidad que relacionen la peligrosidad con los daños esperados en las tipologías encontradas. Para asegurar la adecuación de estas curvas a las tipologías detalladas, se utilizará la metodología de selección propuesta por Navas-Sánchez et al. (2023)

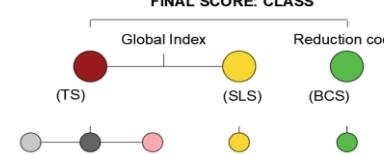


Fuente: Navas-Sánchez et al. (2023)



## 4.5 VULNERABILIDAD

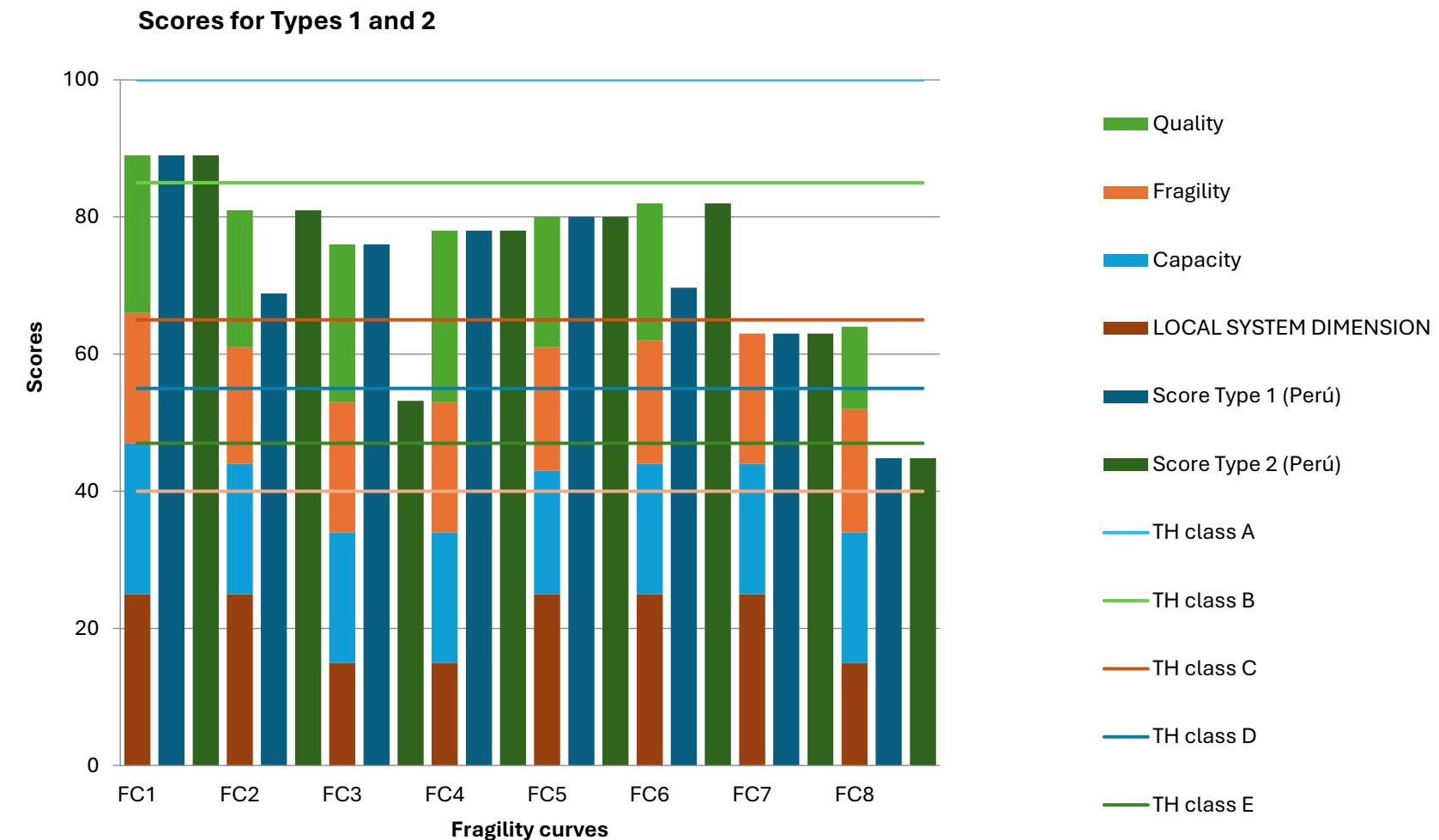
1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

RESULTS														
GEM Description	Acronym	Capacity	Fragility	Quality	TECHNICAL DIMENSION	LOCAL SYSTEM DIMENSION	GLOBAL INDEX	BCS Type 1	Final Index for Type 1: 1-st.	CLASS Type 1	BCS Type 2	FINAL INDEX TYPE 2	CLASS Type 2	
<b>Author</b> Other information	 <i>MCF+CLBRH+MOC/LWAL/HEX:1 y MCF+CLBRH+MOC/LWAL/HEX:2</i> <i>MCF+CL99+MOC/LWAL/HEX:1 y MCF+CL99+MOC/LWAL/HEX:2</i> <i>Lovan et al (2018)</i>	<b>FC1</b>	22	19	23	64	25	89	1	89	A	1	89	A
<b>Author</b> Other information	<i>CR+CIP/LPB+DUC/HEX:4</i> <i>Velásquez et al (2018)</i>	<b>FC2</b>	19	17	20	56	25	81	0.85	69	B	1	81	B
<b>Author</b> Other information	<i>MUR+ADO/H:1 y LFINF/DNO/H:3</i> <i>Yepes Estrada et al (2017)</i>	<b>FC3</b>	19	19	23	61	15	76	1	76	B	0.7	53	D
<b>Author</b> Other information	<i>MCF/DUC/H:2, MUR+ADO/H:1, W+WLI/H:1 y W+WLI/H:2</i> <i>Villar et al (2017)</i>	<b>FC4</b>	19	19	25	63	15	78	1	78	B	1	78	B
<b>Author</b> Other information	<i>MUR+ADO+MOM/LWAL/HEX:1 y MUR+ADO+MOM/LWAL/HEX:2</i> <i>Sumerente etn al (2020)</i>	<b>FC5</b>	18	18	19	55	25	80	1	80	B	1	80	B
<b>Author</b> Other information	<i>CR+CIP/LPB/HEX:4</i> <i>J. Ruiz (2020)</i>	<b>FC6</b>	19	18	20	57	25	82	0.85	70	B	1	82	B
<b>Author</b> Other information	<i>MCF+CLBRH/LWAL+DUC/HEX:1 y MCF+CLBRH/LWAL+DUC/HEX:2</i> <i>R. Heredia et al (2021)</i>	<b>FC7</b>	19	19	0	38	25	63	1	63	C	1	63	C
<b>Author</b> Other information	<i>S+SL+BOL/LPB+DUC/HEX:1</i>	<b>FC8</b>	19	18	12	49	15	64						



## 4.4 VULNERABILIDAD

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
- 4. Metodología**
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## 1. Motivación

## 2. Objetivos

### 3. Zonas de estudio

## **4. Metodología**

## 5. Resultados

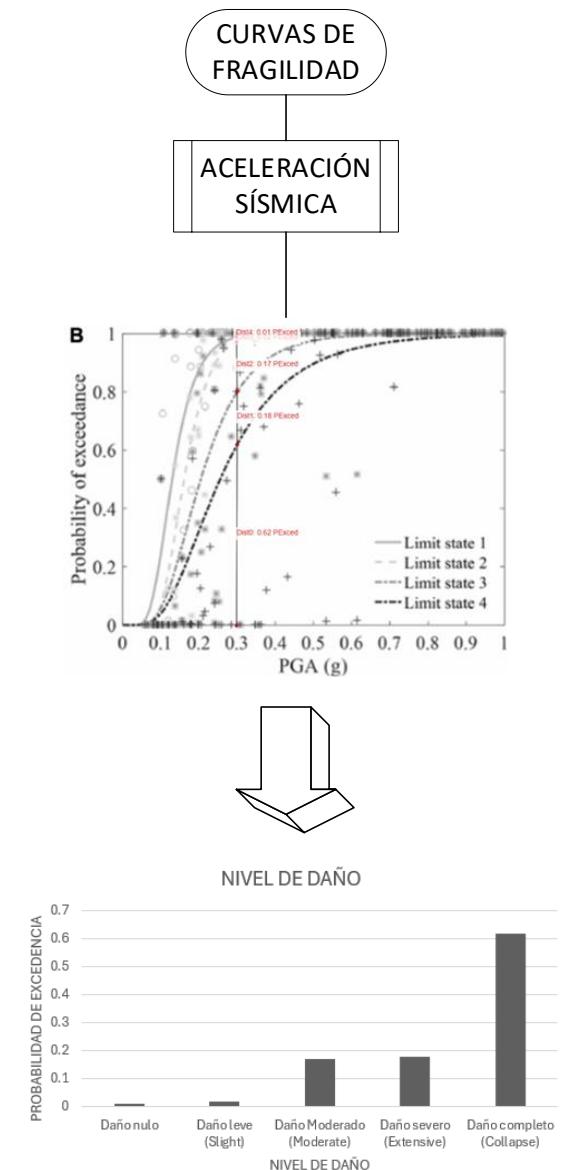
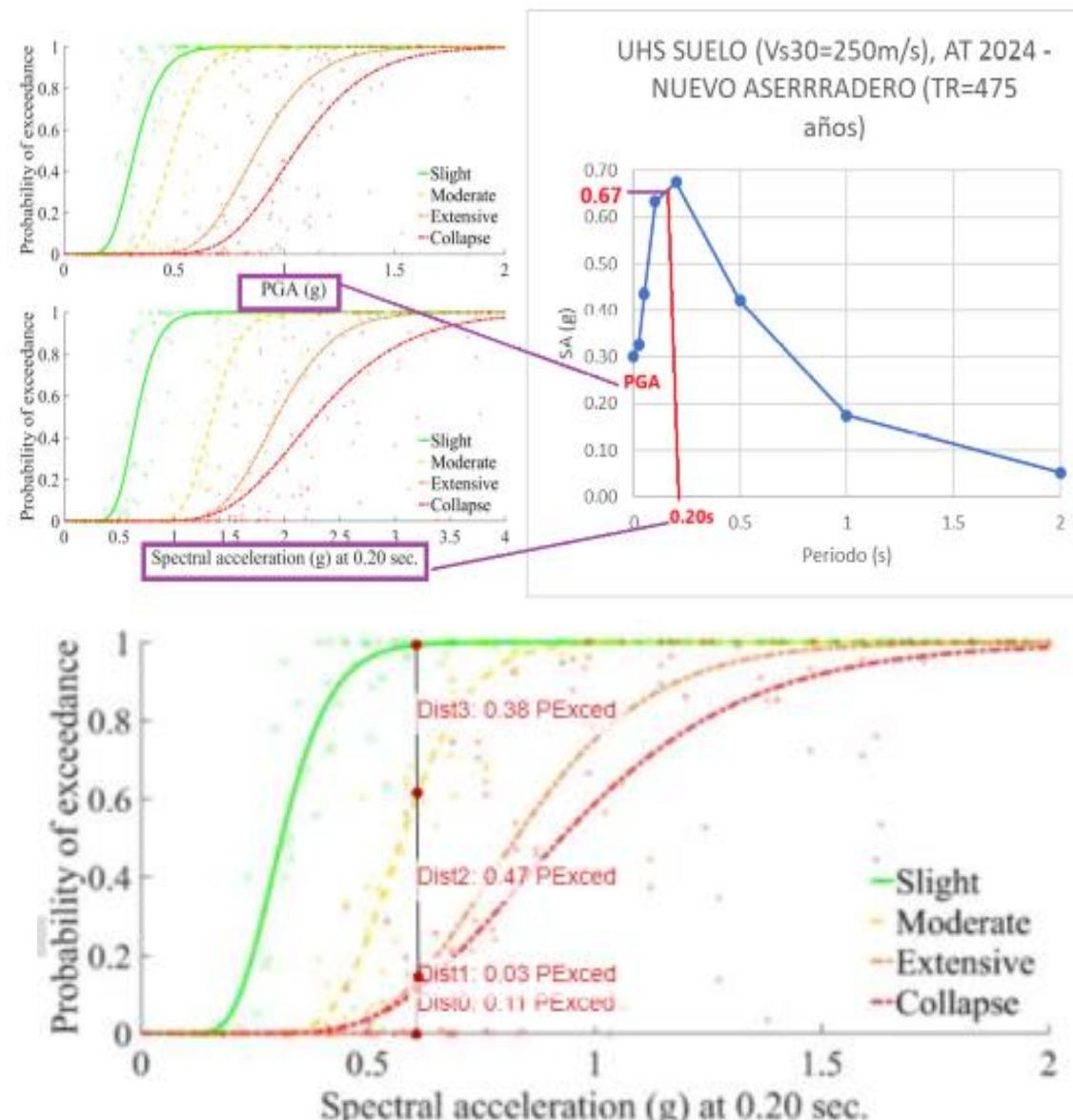
## 6. Conclusión

## 7. Recomendación

## 8. Referencias bibliográficas



#### **4.5.2 Estimación de nivel de daño:**



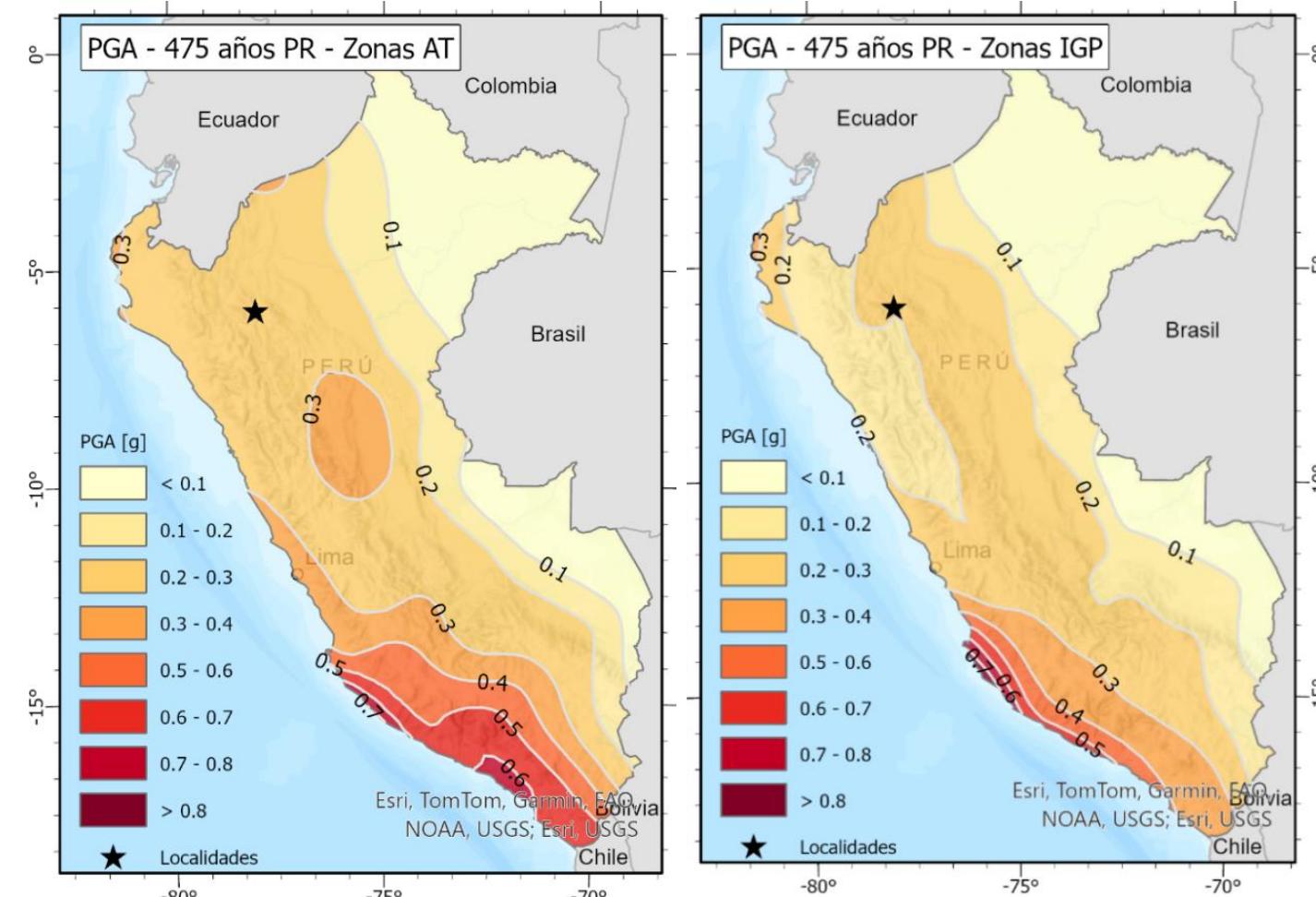
1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
- 5. Resultados**
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



## 5. RESULTADOS

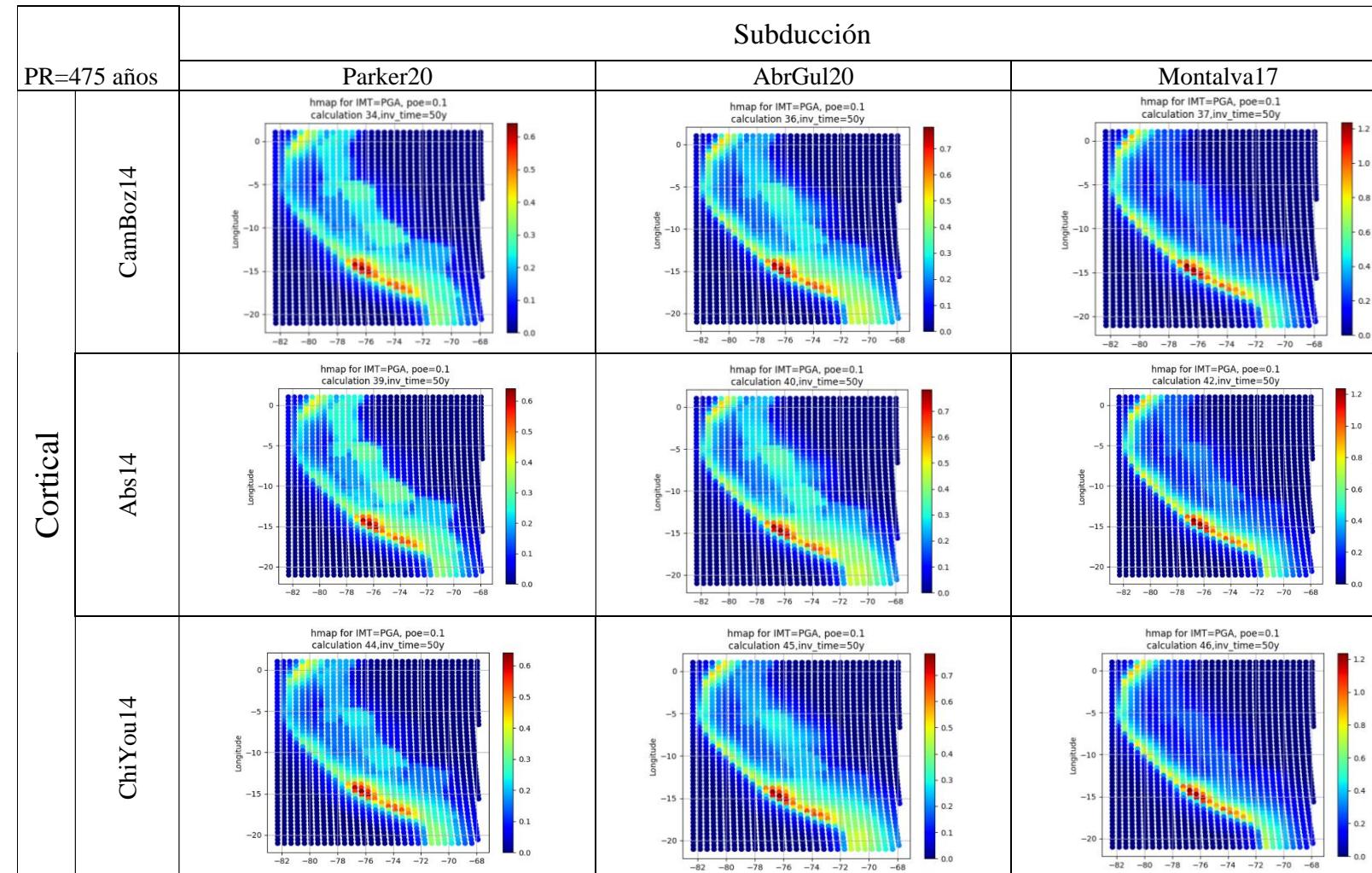
### 5.1 PELIGROSIDAD SÍSMICA

Mapas de aceleración máxima del terreno (PGA) para un periodo de retorno de 475 años y un suelo tipo B ( $V_{s30}=760$  m/s). El mapa de la izquierda muestra los resultados obtenidos con las zonas AT, mientras que el de la derecha corresponde a las zonas IGP. Los valores de PGA se presentan en unidades de g, con una escala de colores que varía desde < 0.1g hasta > 0.8g



## 5.1 PELIGROSIDAD SÍSMICA

Mapas de aceleración máxima del terreno (PGA) para un periodo de retorno de 475 años, presentando las distintas ramas de cálculo para modelos de subducción (columnas) y modelos de zonas corticales (filas). Los colores indican las aceleraciones en unidades de g, con valores que van desde 0.0g hasta más de 1.2g.



1. Motivación

2. Objetivos

3. Zonas de estudio

4. Metodología

**5. Resultados**

6. Conclusión

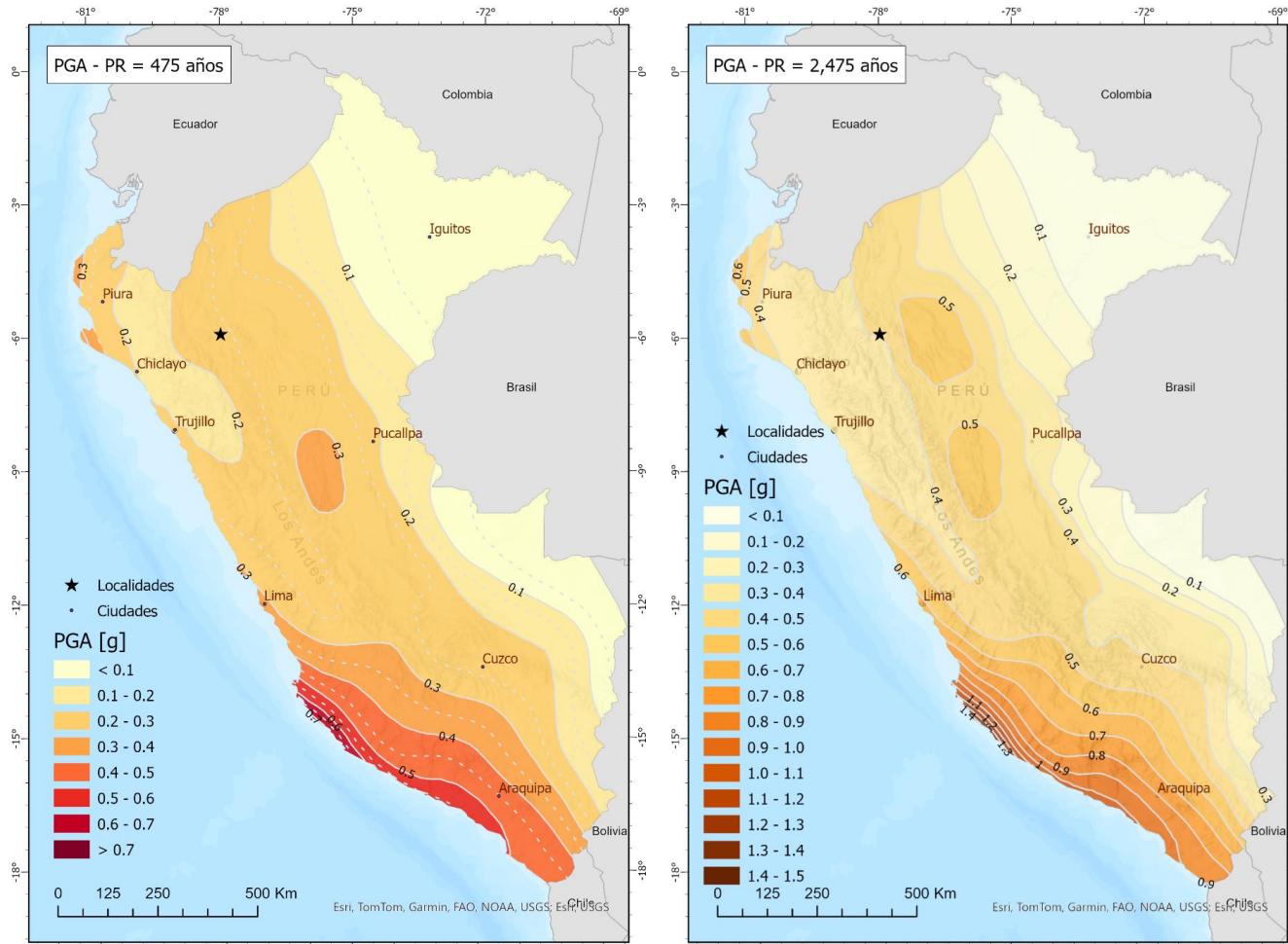
7. Recomendación

 8. Referencias  
bibliográficas


# RESULTADOS (PELIGROSIDAD SÍSMICA)

## 5.1 PELIGROSIDAD SÍSMICA

Izquierda. Mapa de aceleración máxima del terreno (PGA) para un periodo de retorno de 475 años y un suelo tipo B ( $V_{s30} = 760 \text{ m/s}$ ). Las zonas de aceleración se muestran en una escala de colores que varía desde menos de 0.1g hasta más de 0.7g. Derecha Mapa de aceleración máxima del terreno (PGA) para un periodo de retorno de 2475 años y un suelo tipo B ( $V_{s30} = 760 \text{ m/s}$ ). Las zonas de aceleración se muestran en una escala de colores que varía desde menos de 0.1g hasta más de 1.4g,



1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
- 5. Resultados**
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

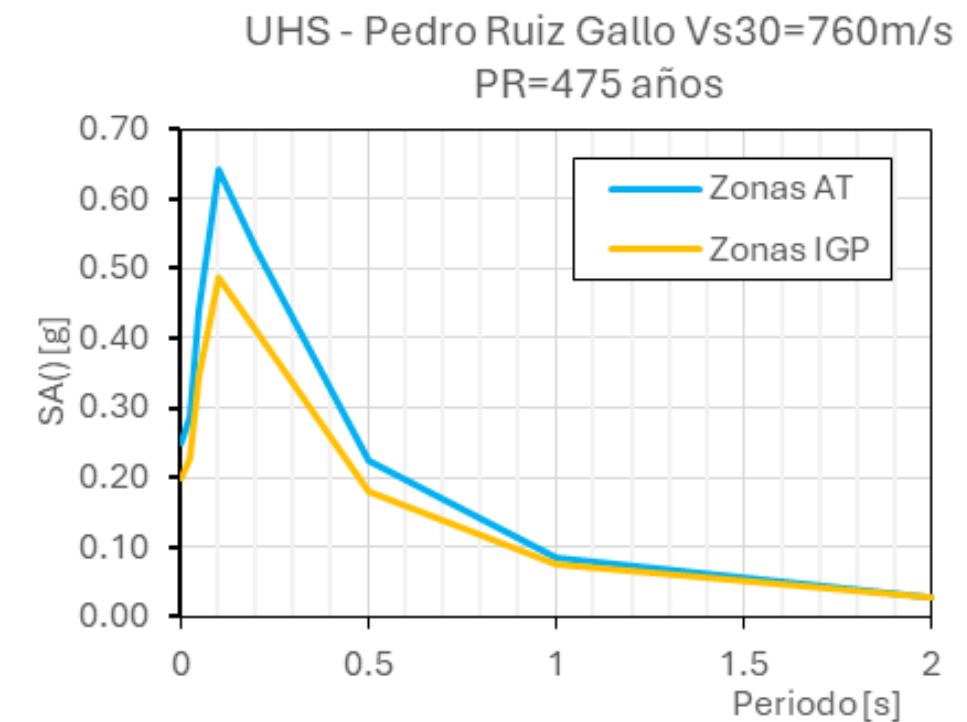
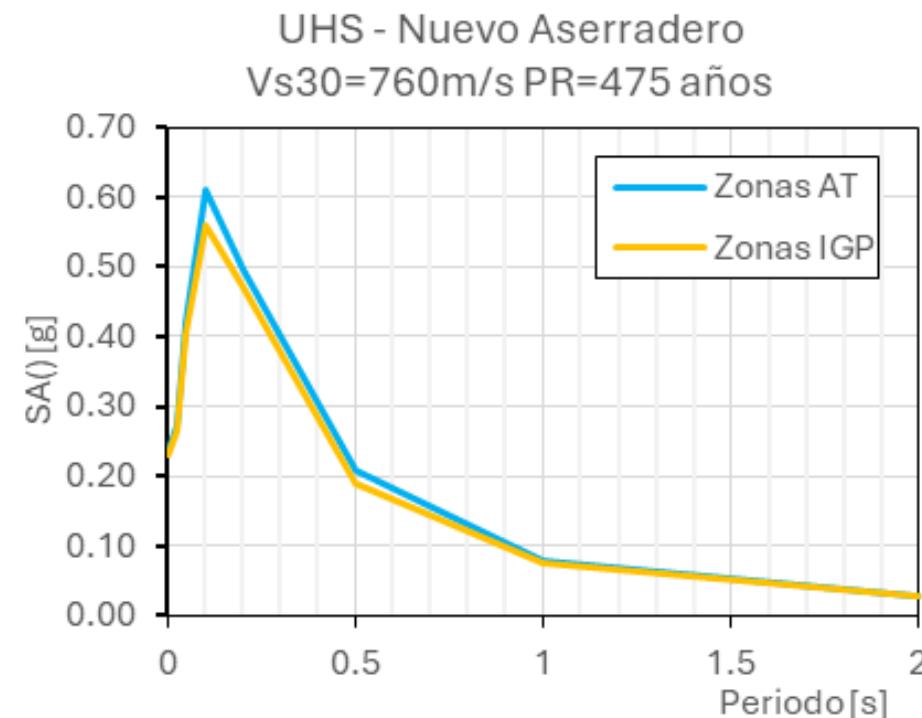


# RESULTADOS

## 5.1 PELIGROSIDAD SÍSMICA (Espectros)

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
- 5. Resultados**
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

Espectros de peligrosidad uniforme (UHS) para las localidades de **Nuevo Aserradero** (izquierda) y **Pedro Ruiz Gallo** (derecha), para un suelo tipo B ( $V_{s30} = 760 \text{ m/s}$ ) y un periodo de retorno de 475 años. Se muestran los resultados de las zonificaciones sismogenéticas AT e IGP



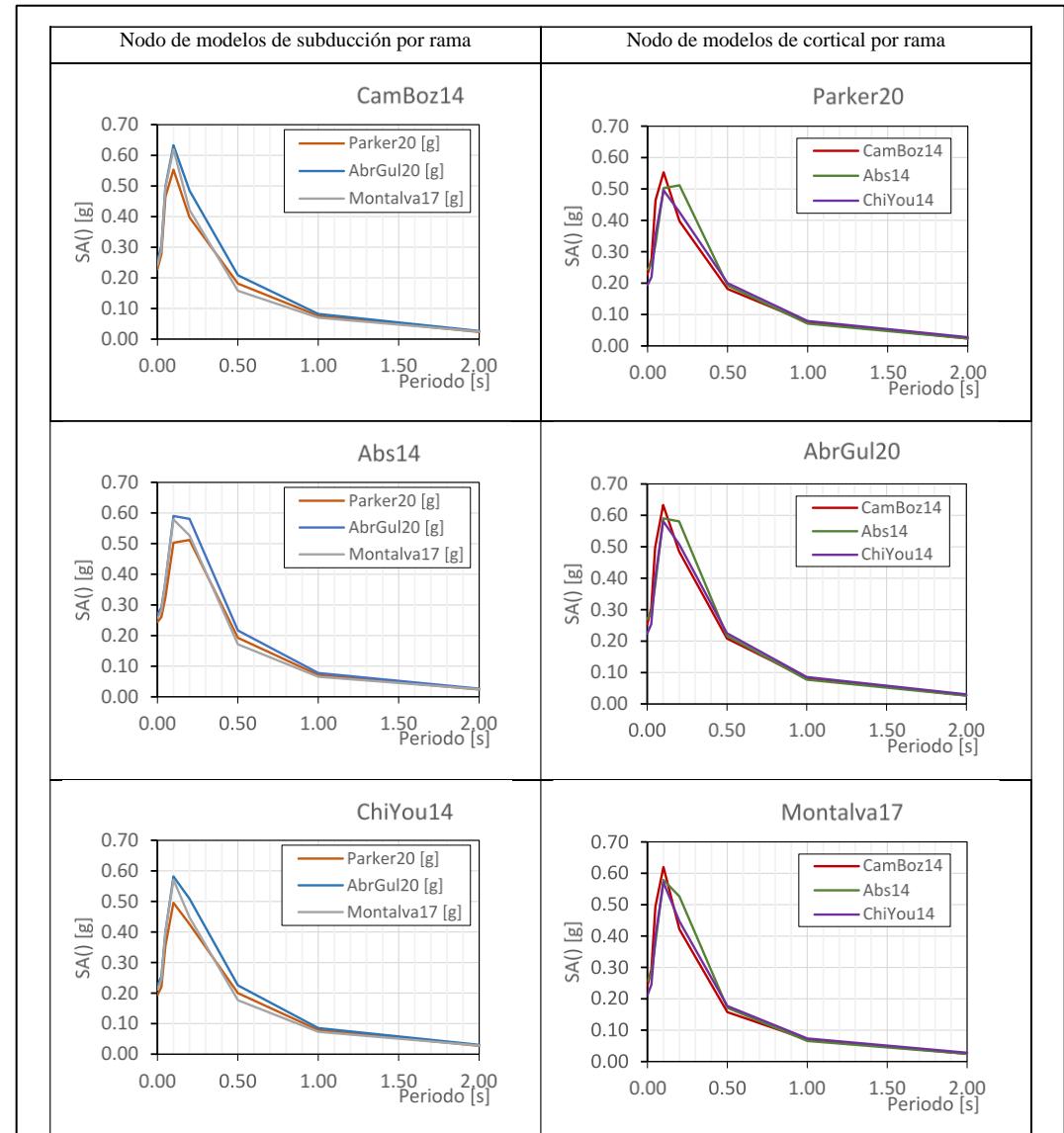
# RESULTADOS

## 5.1 PELIGROSIDAD SÍSMICA (Espectros)

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
- 5. Resultados**
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



Espectros de peligrosidad uniforme (UHS) obtenidos para un emplazamiento cercano a las localidades de interés, con un suelo tipo B ( $V_{s30} = 760$  m/s). En la columna izquierda, se fija un modelo de terremotos corticales y se comparan los espectros resultantes de modelos de subducción. En la columna derecha, se fija un modelo de subducción y se comparan los espectros resultantes de modelos de terremotos corticales.

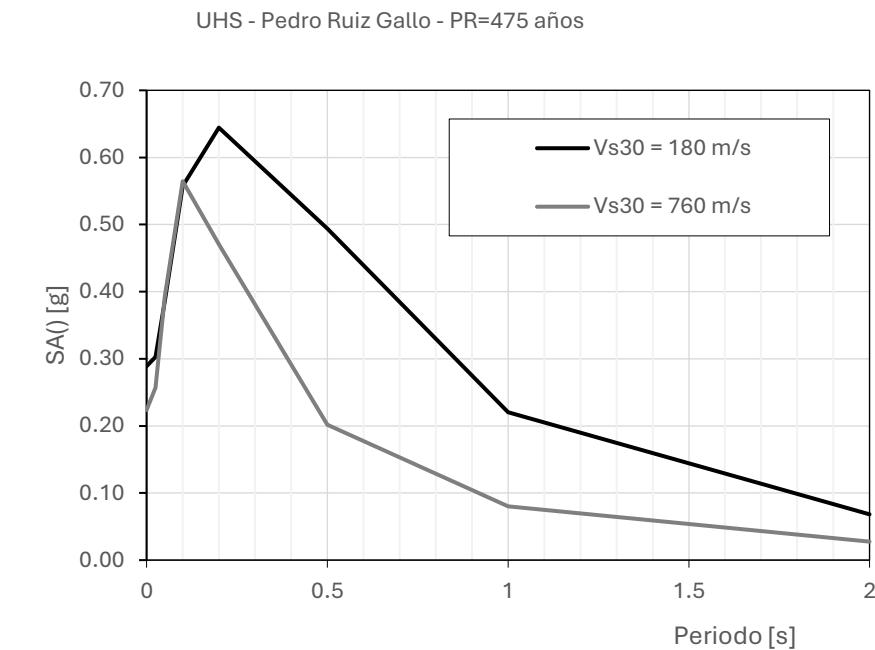
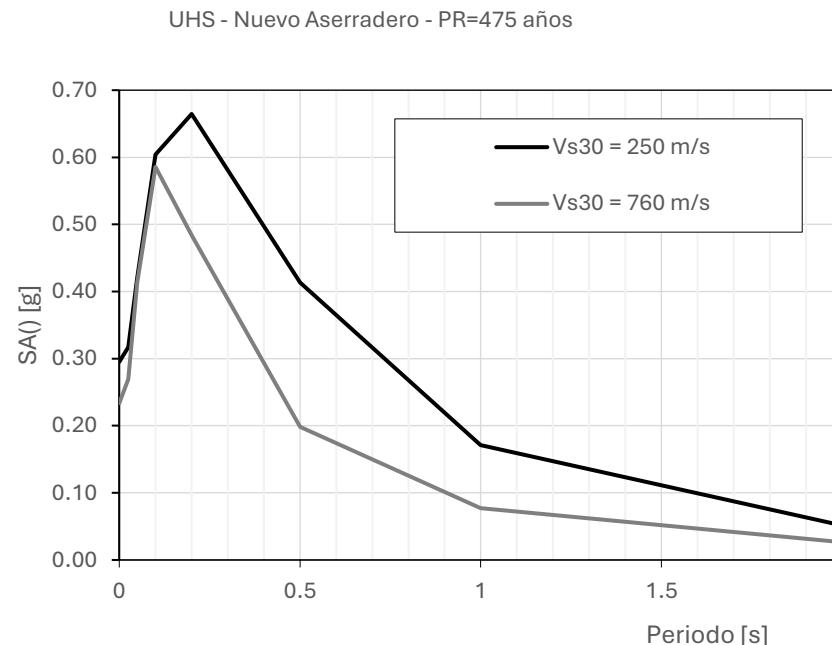


1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
- 5. Resultados**
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

# RESULTADOS

## 5.1 PELIGROSIDAD SÍSMICA (Espectros)

Espectros de peligrosidad uniforme (UHS) para las localidades de Nuevo Aserradero y Pedro Ruiz Gallo, considerando un periodo de retorno de 475 años. Se muestran dos escenarios: un suelo genérico tipo B ( $V_{s30} = 760 \text{ m/s}$ ) y el tipo de suelo específico de cada localidad ( $V_{s30} = 250 \text{ m/s}$  para Nuevo Aserradero y  $V_{s30} = 180 \text{ m/s}$  para Pedro Ruiz Gallo).



# RESULTADOS

## 5.1 PELIGROSIDAD SÍSMICA (Aceleraciones)

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
- 5. Resultados**
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



Aceleraciones máximas esperadas para las diferentes ordenadas espectrales en función de las tipologías constructivas, identificadas y asociadas a las curvas de fragilidad.

NUEVO ASERRADERO				
No	Tipología constructiva asociada a la curva de Fragilidad	Niveles	Ordenada espectral en la CF	Aceleración máxima esperada (g)
1	Mampostería de Albañilería Confinada Formal	1	PGA	0.30
		2	SA (0.2)	0.66
	Mampostería de Albañilería Confinada informal	1	PGA	0.30
		2	SA (0.2)	0.66
2	Concreto Armado	4	PGA	0.30
3	Casa de adobe no reforzado MUR+ADO/H:1	1	PGA	0.30
		3	SA (1.0)	0.17
4	Mampostería Confinada con ductilidad MCF/DUC/H:2	2	SA (0.3)	0.58
	Casa de adobe MUR+ADO/H:1	1	PGA	0.30
	Madera W+WLI/H:1	1	SA (0.3)	0.58
	Madera W+WLI/H:2	2	SA (0.3)	0.58
5	Casa de adobe de un nivel	1	PGA	0.30
	Casa de adobe de dos niveles	2	PGA	0.30

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
- 5. Resultados**
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



# RESULTADOS

## 5.1 PELIGROSIDAD SÍSMICA (Aceleraciones)

Aceleraciones máximas esperadas para las diferentes ordenadas espectrales en función de las tipologías constructivas, identificadas y asociadas a las curvas de fragilidad.

PEDRO RUIZ GALLO				
1	Mampostería de Albañilería Confinada Formal	1 2	PGA SA (0.2)	0.29 0.64
	Mampostería de Albañilería Confinada informal	1 2	PGA SA (0.2)	0.29 0.64
2	Concreto Armado	4	PGA	0.29
	Casa de adobe no reforzado MUR+ADO/H:1	1	PGA	0.29
3	Concreto armado no dúctil LFINF/DNO/H:3	3	SA (1)	0.22
	Mampostería Confinada con ductilidad MCF/DUC/H:2	2	SA (0.3)	0.60
4	Casa de adobe MUR+ADO/H:1	1	PGA	0.29
	Madera W+WLI/H:1	1	SA (0.3)	0.60
	Madera W+WLI/H:2	2	SA (0.3)	0.60
5	Casa de adobe de un nivel	1	PGA	0.29
	Casa de adobe de dos niveles	2	PGA	0.29
6	Concreto armado _ universidad dirección X 3D	4	PGA	0.29
	Concreto armado _ universidad dirección Y 3D		PGA	0.29
7		1	PGA	0.29

# RESULTADOS

## 5.2 RIESGO SÍSMICO(Matriz de daño Nuevo Aserradero)

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. **Resultados**
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

MATRIZ DE DAÑO – LOCALIDAD DE NUEVO ASERRADERO									
Tipología Constructiva	Código GEM	Niveles	Curva de fragilidad elegida	Puntaje FC Navas-Sánchez (2023)	Daño nulo	Daño leve (Slight)	Daño Moderado (Moderate)	Daño severo (Extensive)	Daño completo (Collapse)
Tapial	ER+ETR/LWAL/HEX:1	1	FC5.1(ADO)	56/C	0.28	0.12	0.23	0.11	0.26
Tapial	ER+ETR/LWAL/HEX:2	2	FC5.2(ADO)	56/C	0.01	0.02	0.17	0.18	0.62
Adobe	MUR+ADO+MOM/LWAL/HEX:1	1	FC5.1(ADO)	80/B	0.28	0.12	0.23	0.11	0.26
Adobe	MUR+ADO+MOM/LWAL/HEX:2	2	FC5.2(ADO)	80/B	0.01	0.02	0.17	0.18	0.62
Mampostería de albañilería formal	MCF+CLBRH+MOC/LWAL/HEX:1	1	FC1.1(MCF)	89/A	0.59	0.41	0	0	0
Mampostería de albañilería formal	MCF+CLBRH+MOC/LWAL/HEX:2	2	FC1.2(MCF)	89/A	0.41	0.59	0	0	0
Mampostería de albañilería formal	MCF+CLBRH+MOC/LWAL/HEX:3	3	FC1.2(MCF)	76/B	0.49	0.51	0	0	0
Mampostería de albañilería informal	MCF+CL99+MOC/LWAL/HEX:1	1	FC1.3(MCF)	89/A	0.29	0.43	0.24	0.02	0.02
Mampostería de albañilería informal	MCF+CL99+MOC/LWAL/HEX:2	2	FC1.4(MCF)	89/A	3%0	0.16	0.56	0.06	0.22
Mampostería de albañilería informal	MCF+CL99+MOC/LWAL/HEX:3	3	FC1.4(MCF)	76/B	0	0.01	0.38	0.47	0.03
Madera	W+WLI/H:1	1	FC4.3(W)	78/B	0.96	0.04	0	0	0
Quincha	ER+ETC/LN:1	1	FC4.3(W)	55/D	0.96	0.04	0	0	0



# RESULTADOS

## 5.2 RIESGO SÍSMICO(Matriz de daño Pedro Ruiz Gallo)

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. **Resultados**
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

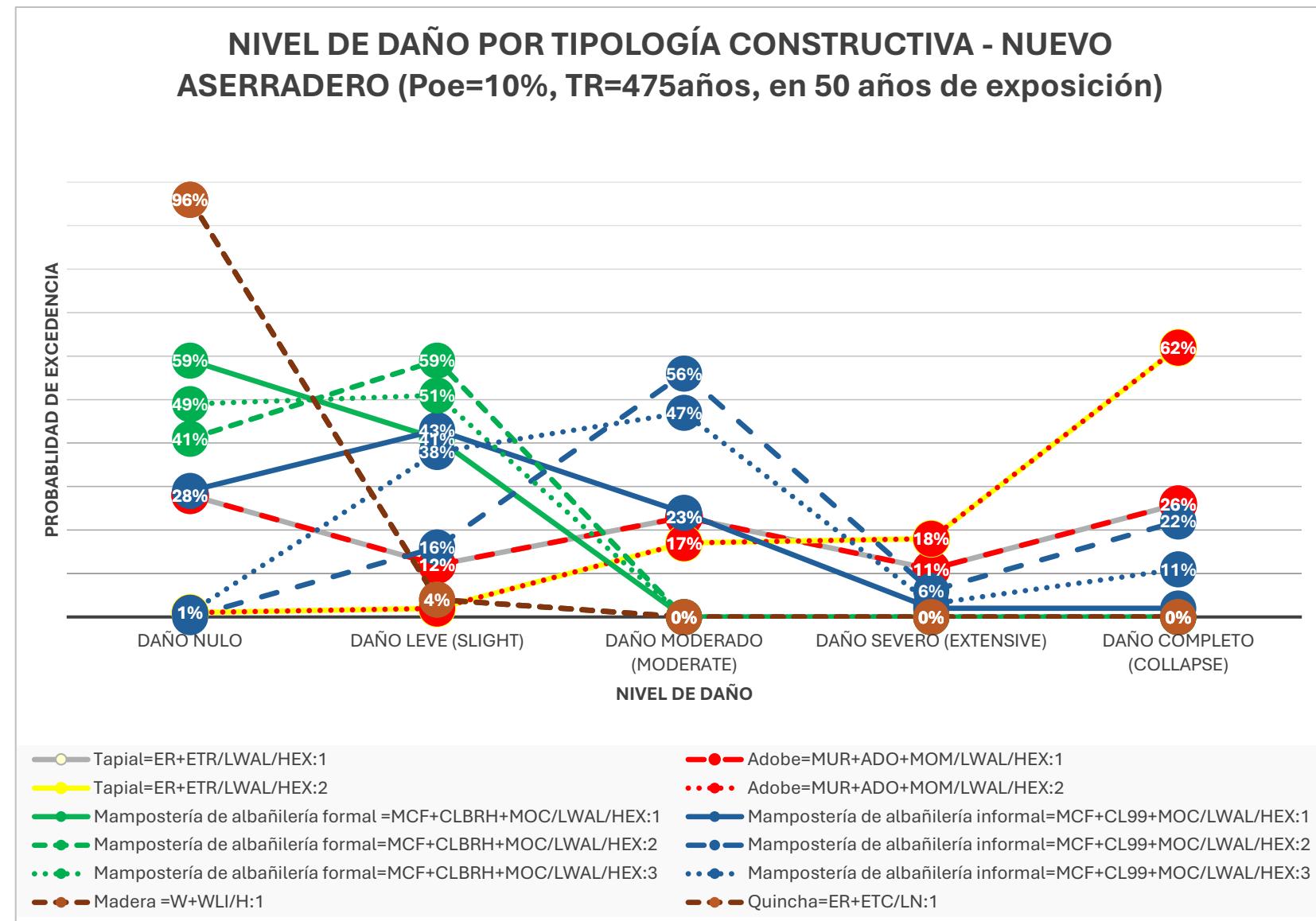


MATRIZ DE DAÑOS – LOCALIDAD DE PEDRO RUIZ GALLO									
Tipología Constructiva	Código GEM	Niveles	Curva de fragilidad elegida	Puntaje FC Navas-Sánchez (2023)	Daño nulo	Daño leve (Slight)	Daño Moderado (Moderate)	Daño severo (Extensive)	Daño completo (Collapse)
Adobe	MUR+ADO+MOM/LWAL/HEX:1	1	FC5.1(ADO)	80/B	0.32	0.14	0.22	0.1	0.22
Adobe	MUR+ADO+MOM/LWAL/HEX:2	2	FC5.2(ADO)	80/B	0.01	0.02	0.19	0.18	0.60
Mampostería de albañilería formal	MCF+CLBRH+MOC/LWAL/HEX:1	1	FC1.1(MCF)	89/A	0.62	0.38	0	0	0
Mampostería de albañilería formal	MCF+CLBRH+MOC/LWAL/HEX:2	2	FC1.2(MCF)	89/A	0.50	0.5	0	0	0
Mampostería de albañilería formal	MCF+CLBRH+MOC/LWAL/HEX:3	3	FC1.2(MCF)	76/B	0.50	0.65	0.35	0	0
Mampostería de albañilería formal	MCF+CLBRH+MOC/LWAL/HEX: 4	4	FC1.2(MCF)	76/B	0.7	0.3	0	0	0
Mampostería de albañilería informal	MCF+CL99+MOC/LWAL/HEX:1	1	FC1.3(MCF)	89/A	0.30	0.44	0.23	0.01	0.02
Mampostería de albañilería informal	MCF+CL99+MOC/LWAL/HEX:2	2	FC1.4(MCF)	89/A	0	0.12	0.55	0.09	0.24
Mampostería de albañilería informal	MCF+CL99+MOC/LWAL/HEX:3	3	FC1.4 (MCF)	76/B	0	0.43	0.44	0.03	0.1
Mampostería de albañilería informal	MCF+CL99+MOC/LWAL/HEX:4	4	FC1.4 (MCF)	76/B	0.02	0.6	0.32	0.06	0
Concreto Armado	CR+CIP/LPB+DUC/HEX:3	3	F3.2(CR)	65/C	0.01	0.38	0.35	0.21	0.05
Concreto Armado	CR+CIP/LPB+DUC/HEX:4	4	F2.0(CR)	81/B	0	0.66	0.31	0	0.03
Estructuras metálicas	S+SL+BOL/LPB+DUC: HEX:1	1	FC8(S)	64/C	0.36	0.40	0.16	0.05	0.03
Madera	W+WLI/H:1	1	FC4.3(W)	78/B	0.96	0.05	0	0	0

# RESULTADOS

## 5.2 RIESGO SÍSMICO(Gráfico de daño Nuevo Aserradero)

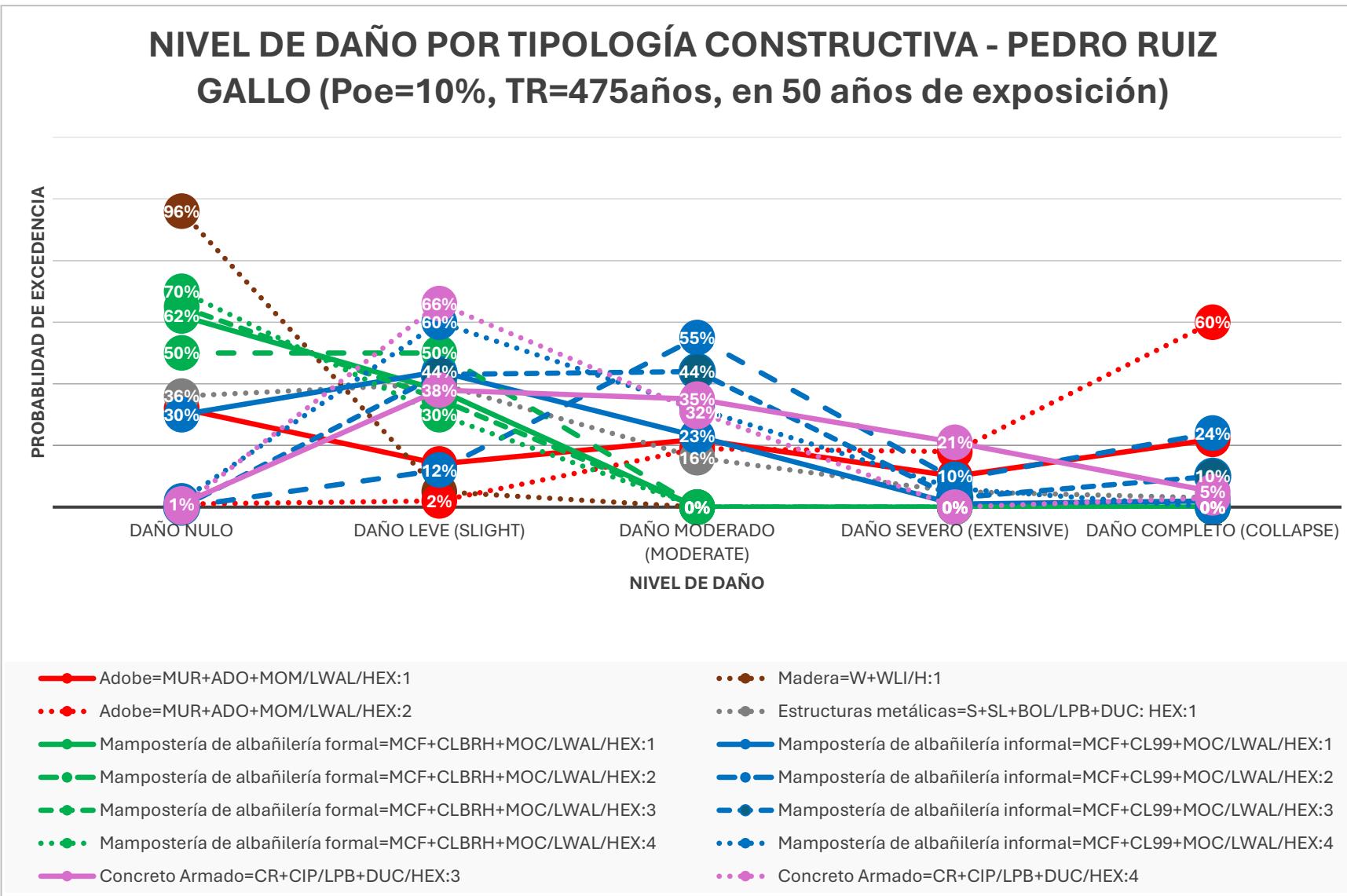
1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



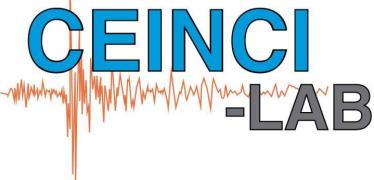
# RESULTADOS

## RIESGO SÍSMICO(Gráfico de daño Pedro Ruiz Gallo)

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas



# 6.CONCLUSIONES



1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. **Conclusión**
7. Recomendación
8. Referencias bibliográficas

- Se realizó una evaluación exhaustiva de la peligrosidad sísmica en el Perú y el riesgo sísmico en las localidades de Nuevo Aserradero y Pedro Ruiz Gallo.
- Entre los resultados obtenidos, se confirma que las zonas de subducción interfase en la costa sur de Perú presentan las mayores aceleraciones esperadas, lo cual es consistente con la geodinámica de subducción que caracteriza al país.
- En cuanto a las localidades de estudio, los espectros de aceleración obtenidos para Nuevo Aserradero y Pedro Ruiz Gallo muestran diferencias significativas debido a las condiciones del suelo local. Se ha demostrado que suelos más blandos, con valores de Vs30 de 250 m/s y 180 m/s respectivamente, amplifican de manera notable las aceleraciones espectrales, sobre todo en periodos medios y largos
- El análisis de los modelos de movimiento fuerte de subducción y corticales ha evidenciado que los modelos de subducción, como los de Parker (2020) y Abrahamson y Gülerce (2020), presentan un grado de convergencia significativo, lo cual es coherente dado que fueron desarrollados utilizando una base de datos común.



## 6.CONCLUSIONES

- Se revelan a partir de la matriz de daño, que, en Nuevo Aserradero, las tipologías constructivas con mayor probabilidad de colapso son: tapial de 1 nivel (26%) y 2 niveles (62%), adobe de 1 nivel (26%) y de 2 niveles (62%), y mampostería confinada informal de 2 niveles (22%). En contraste, las edificaciones de mampostería confinada formal de 1, 2 y 3 niveles, así como las edificaciones madera de 1 nivel, solo presentan daños nulos o leves, lo que sugiere que estas tipologías son adecuadas para la zona estudiada.
- En Pedro Ruiz Gallo, las tipologías con mayor probabilidad de colapso son: adobe de 1 nivel (22%) y de 2 niveles (60%), y de edificaciones de mampostería confinada informal de 2 niveles (24%). En contraste, las edificaciones de mampostería confinada formal de 1, 2 y 3 niveles, así como las edificaciones de madera de 1 nivel presentan daños nulos o leves, lo que indica que son adecuadas para la zona.
- En conclusión, es necesario reforzar las edificaciones de tapial, adobe y mampostería de albañilería confinada informal para mitigar los daños inminentes ante un sismo que generen aceleraciones sísmicas igual o superiores a los obtenidos al presente estudio.

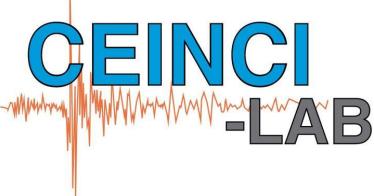
## 7. RECOMENDACIONES Y DESAFIOS

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda reducir los modelos de movimiento fuerte que fueron elaborados con la misma información sísmica.
- Implementación de medidas de reforzamiento estructural de los edificios más vulnerables.
- Incorporación de estudio de microzonificación Vs30 en los emplazamientos, los cuales pueden mejorar significativamente los resultados.
- Elaborar curvas de fragilidad de las edificaciones de Tapial y Quincha (son de barro con carrizos).
- Hacer uso del presente estudio de peligrosidad sísmica para actualizar la norma peruana E.030.
- Para el modelamiento y corrido del cálculo de la peligrosidad sísmica contar con una computadora potente, o contar con el uso de un super computador, para agilizar las corridas en OpenQuake Engine,

1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. **Recomendación**
8. Referencias bibliográficas





1. Motivación
2. Objetivos
3. Zonas de estudio
4. Metodología
5. Resultados
6. Conclusión
7. **Recomendación**
8. Referencias bibliográficas

## DESAFIOS

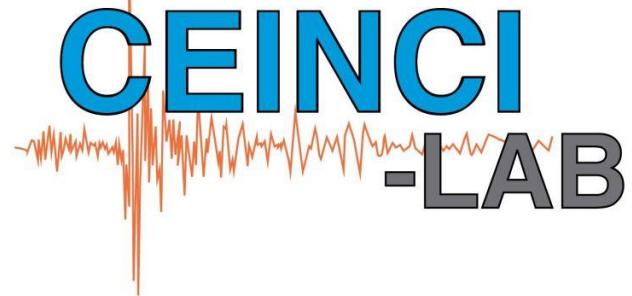
- Realizar un conteo de todos los edificios de ambas localidades y calcular la cantidad de los edificios acorde a su nivel de daño.
- Calcular los daños económicos, a partir de la cuantificación de los niveles de daño de las edificaciones.
- Evaluar la resiliencia de ambas localidades ante un posible sismo que genera estás mismas aceleraciones o superior.
- Generar planos de evaluación y zonas seguras en ambas localidades.
- Generar un plan de mitigación ante un posible sismo de gran magnitud.
- Incorporar en el riesgo sísmico, los deslizamientos e inundaciones las cuales son comunes en ambos emplazamientos.



# 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abrahamson, N., & Gülerce, Z. (2020). *Regionalized Ground-Motion Models for Subduction Earthquakes Based on the NGA-SUB Database*.
- Alva Hurtado, J. E. (2021). *APORTES DE LA INGENIERÍA GEOTÉCNICA A LA NORMA DE DISEÑO SISMORRESISTENTE E03 - Buscar con Google*.  
XXXIV SIMPOSIO NACIONAL
- Dirección de Geología Regional. (2017). *Mapas geológicos del Perú - Fallas y Pliegues 100K*.  
<https://metadatos.ingemmet.gob.pe:8443/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/3e474004-6946-4ba1-ad2a-197cc9bd45f4>
- GEM Foundation. (n.d.). *GEM building taxonomy version 2.0*. Retrieved September 11, 2024, from <https://tools.openquake.org/taxtweb/>
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (2022). Evaluación de peligros geológicos en la localidad de Nuevo Aserradero. Distrito Jamalca, provincia Utcubamba, departamento Amazonas. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7300, 33p. *Repositorio Institucional INGEMMET*.  
<https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/4153>
- Kadirioğlu, F. T., & Kartal, R. F. (2016). The new empirical magnitude conversion relations using an improved earthquake catalogue for Turkey and its near vicinity (1900–2012). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 25(4), 300–310. <https://doi.org/10.3906/YER-1511-7>
- Navas-Sánchez, L., Jiménez-Martínez, M., González-Rodrigo, B., Hernández-Rubio, O., Dávila-Migoya, L. D., Orta-Rial, B., & Hidalgo-Leiva, D. (2023). A methodology to assess and select seismic fragility curves: Application to the case of Costa Rica. *Earthquake Spectra*, 39(3), 1380–1409. <https://doi.org/10.1177/87552930231171177>
- Scordilis, E. M. (2006). Empirical global relations converting MS and mb to moment magnitude. *Journal of Seismology*, 10(2), 225–236. <https://doi.org/10.1007/S10950-006-9012-4/METRICS>
- Stepp. (1972). Analysis of completeness of the earthquake sample in the Puget Sound area and its effect on statistical estimates of earthquake hazard. *Proceedings of the International Conference on Microzonation*, 897-910.  
<https://www.resolutionmineei.us/sites/default/files/references/stepp-1972.pdf>
- Taype Huisa, E. G. (2021). Análisis de los mecanismos focales de los terremotos con magnitud > 5.9MW ocurridos en el Perú durante los años 1997 - 2016. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/13572>





### Agradecimiento:

- Dra. Alicia Rivas
- Dra. Laura Navas
- MSc. Carlos Gamboa

UPM

CEINCI – LAB por la invitación

