

# ESCENARIO CATASTRÓFICO PARA LIMA Y EL CALLAO ANTE UN SISMO DE GRAN MAGNITUD ( $> M8.0$ )



XXXIV SIMPOSIO NACIONAL DE  
PREVENCIÓN DE DESASTRES

## “FACTORES DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA DE LIMA Y CALLAO”

Diana Lucia Calderón Cahuana, PhD.  
Ing.

Carlos Gonzáles Trujillo, PhD. Ing.

Kevin Huerta Gonzáles, Bach.



CENTRO PERUANO JAPONÉS DE  
INVESTIGACIONES SÍSMICAS Y  
MITIGACIÓN DE DESASTRES

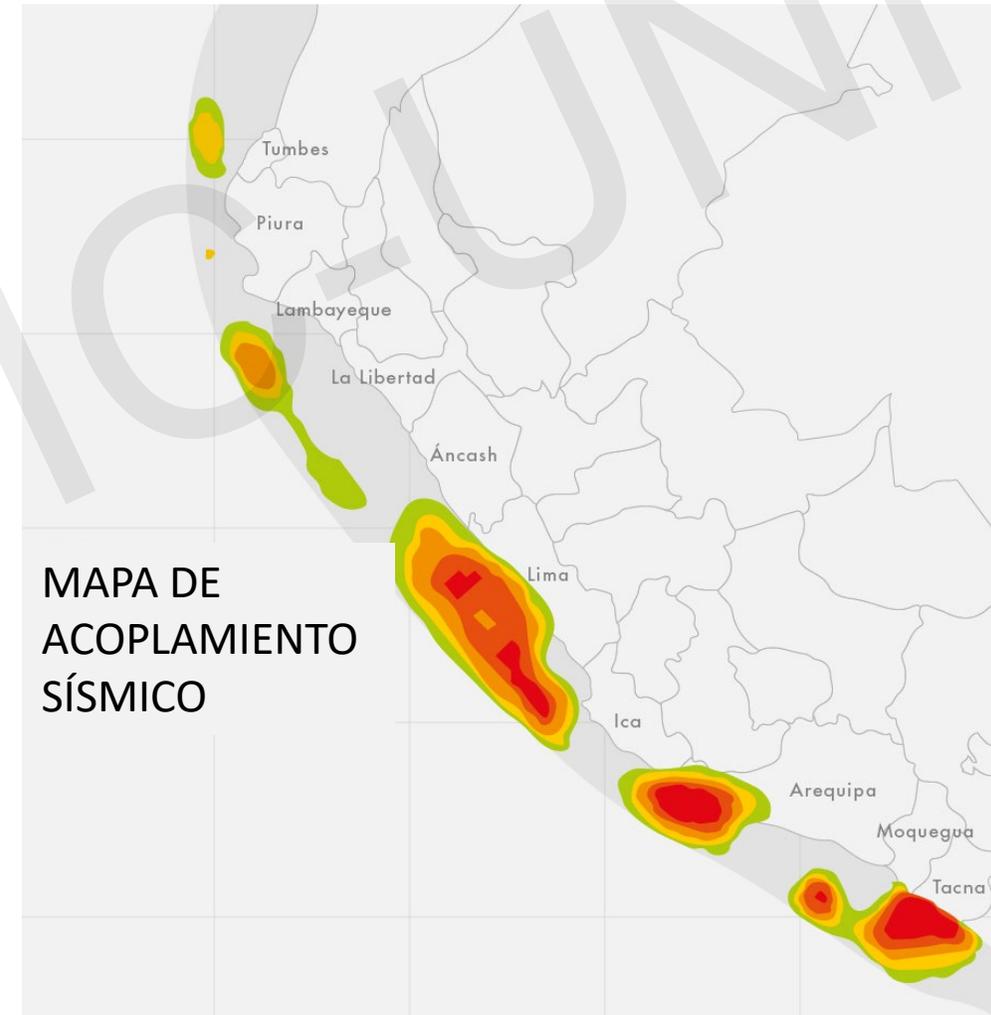
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE INGENIERÍA



## ANTECEDENTES

- La costa del Perú, está localizada en una zona de alta actividad sísmica, llamada el Cinturón del Fuego del Pacífico, que es donde la placa de Nazca es subducida por la placa Sudamericana.
- Recientemente, El IGP publicó un mapa de acoplamiento sísmico, en el que se muestra a Lima frente a un área con el más alto nivel de deformación acumulado.

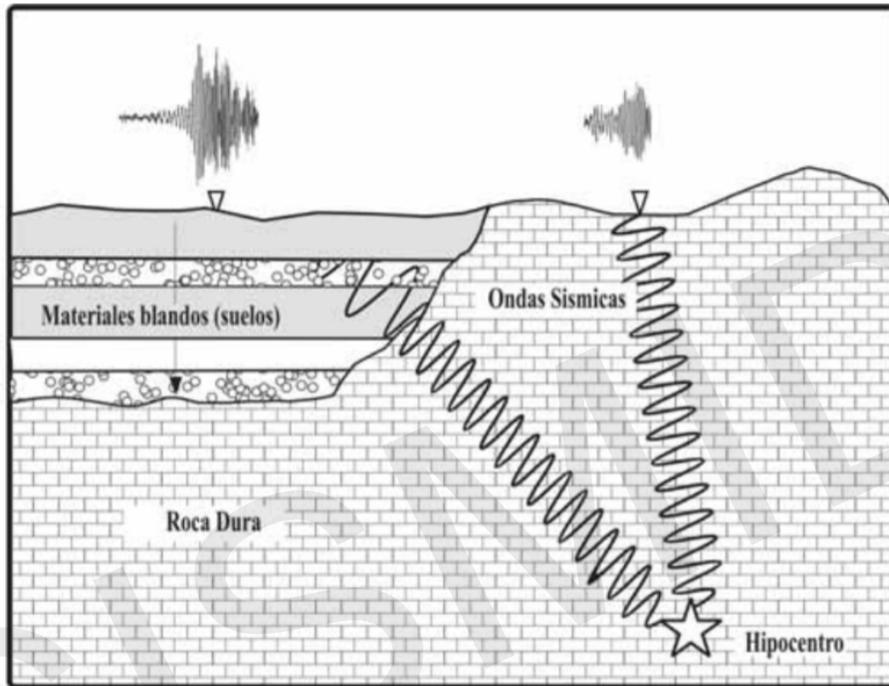


IGP, 2021

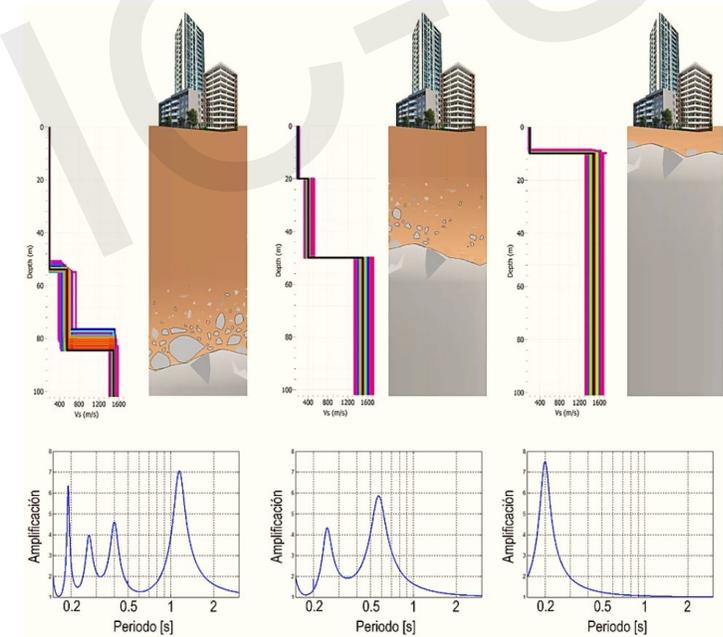


# AMPLIFICACIÓN SÍSMICA EN EL SUELO

Surge cuando las ondas sísmicas cambian de medio de propagación de un material rígido a uno más flexible (Ejem: Roca → Arcillas )

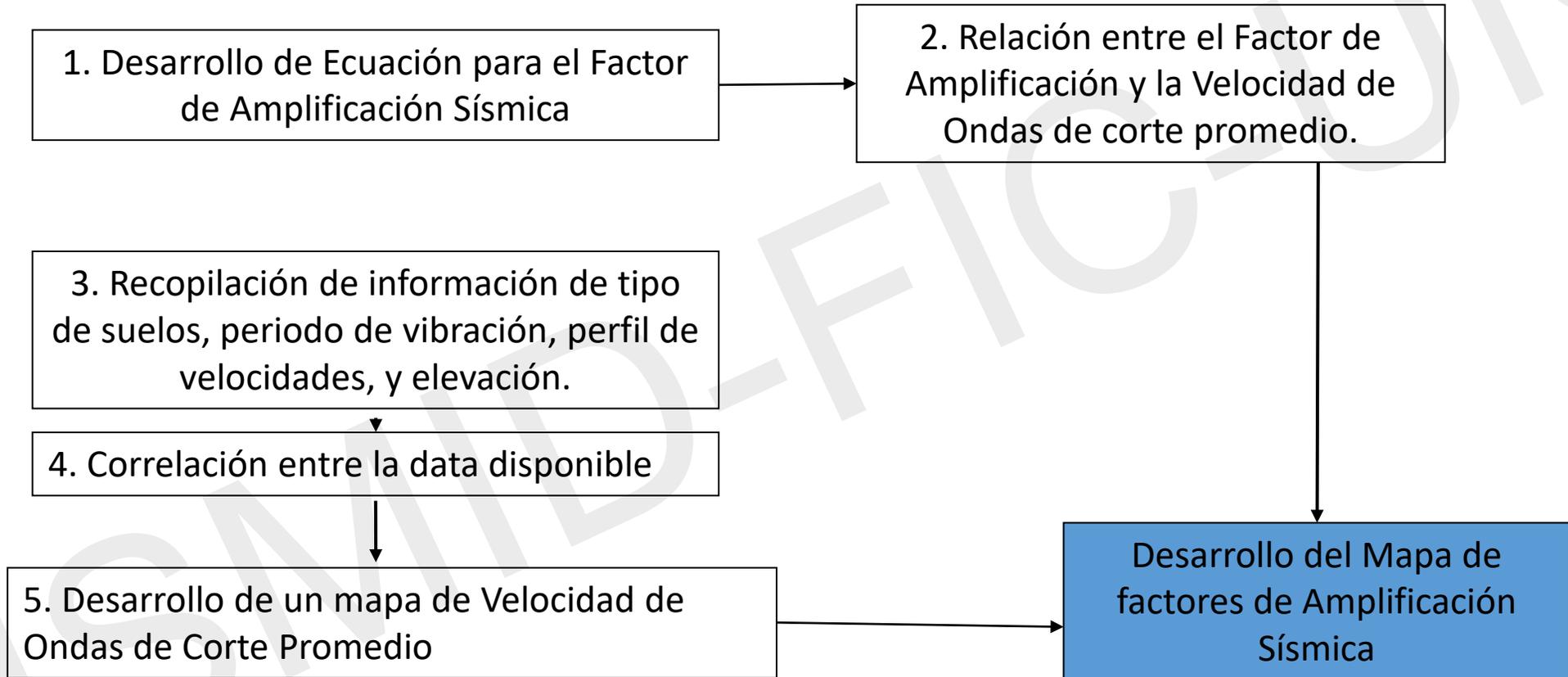


Esquema de la relación del Perfil Vs y la Amplificación Sísmica



Esquema del paso de las ondas sísmicas en terrenos con distinta competencia

# METODOLOGÍA



# 1. DESARROLLO DE ECUACIÓN DE FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA

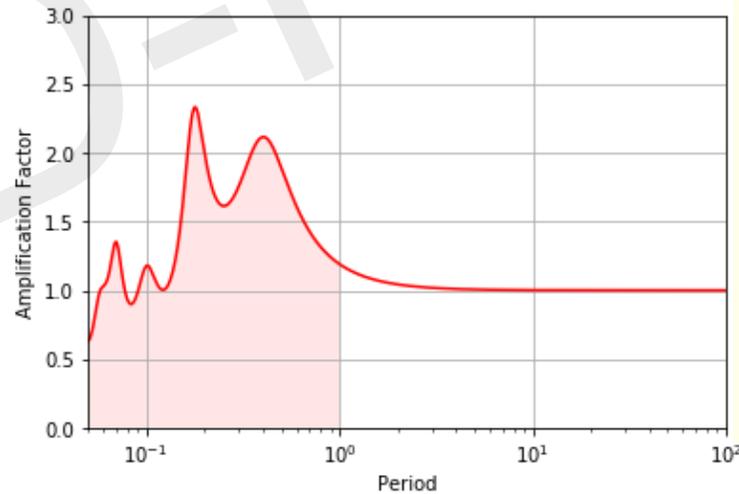
- Basado en la fórmula de la intensidad sísmica propuesta por Housner en 1959, se propone un factor de amplificación sísmica que es representado por el área bajo la curva de la Función de Transferencia de un perfil sísmico. Al Factor de Amplificación Sísmica lo llamaremos Función de Transferencia Promedio (AvTF).

Intensidad Sísmica (SI) (Housner, 1959):

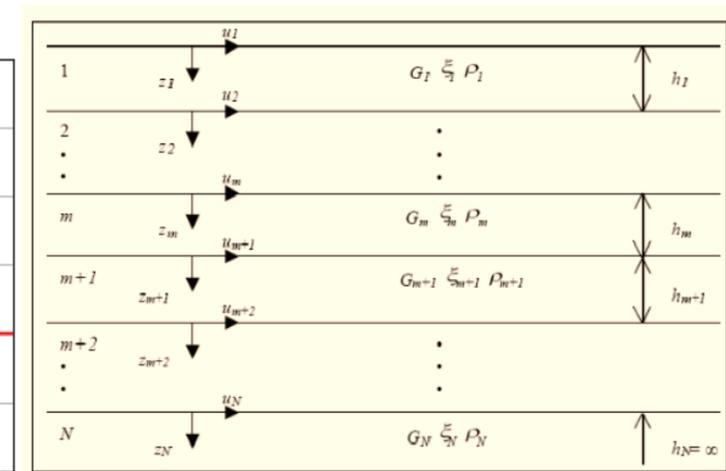
$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} Sv(t) dt$$

Función de Transferencia Promedio (AvTF) (Sekiguchi et al, 2012):

$$AvTF = \frac{1}{0.95} \int_{0.05}^{1.0} TF(t) dt$$



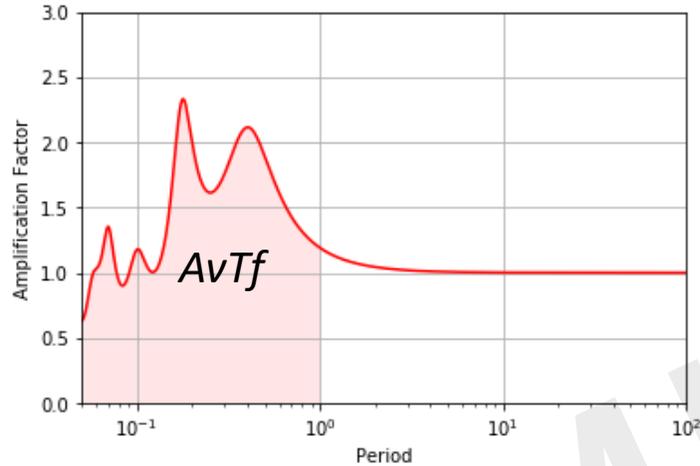
Función de Transferencia (TF)



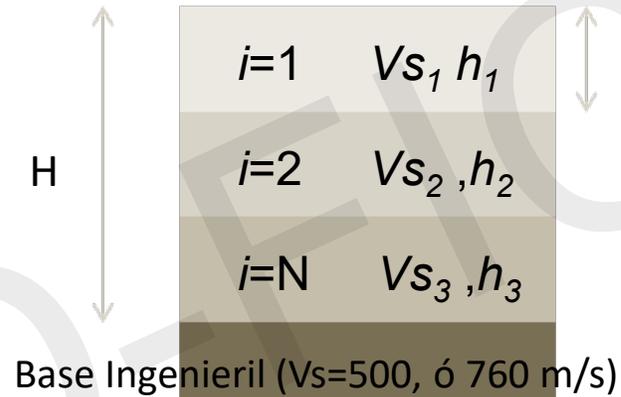
$$V_{\text{base}} = 500, 760 \text{ m/s}$$

Perfil Sísmico del Suelo y sus parámetros

## 2. RELACIÓN ENTRE EL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (AVTF) Y LA VELOCIDAD PROMEDIO DE ONDAS DE CORTE (AVs)



Factor de Amplificación Sísmica (AvTF)



Velocidad Promedio de Ondas de Corte (AVs)

$$AV_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_1}{V_{si}}}$$

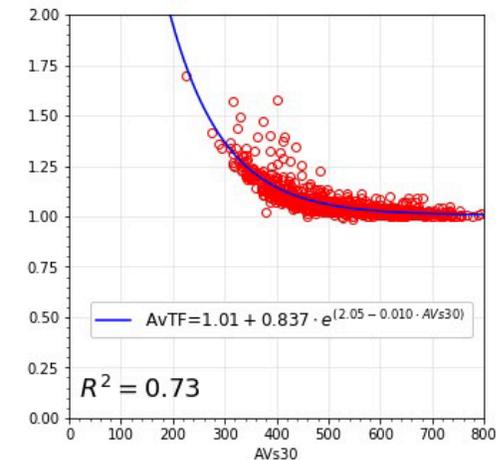
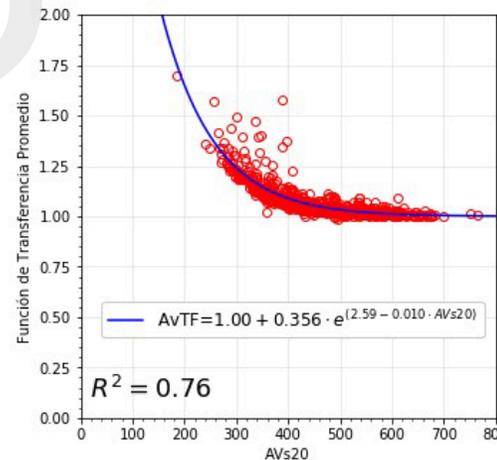
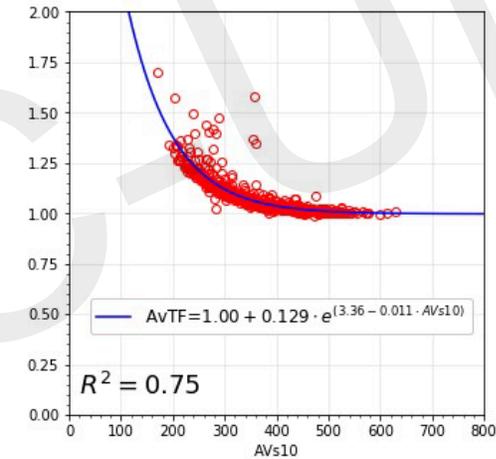
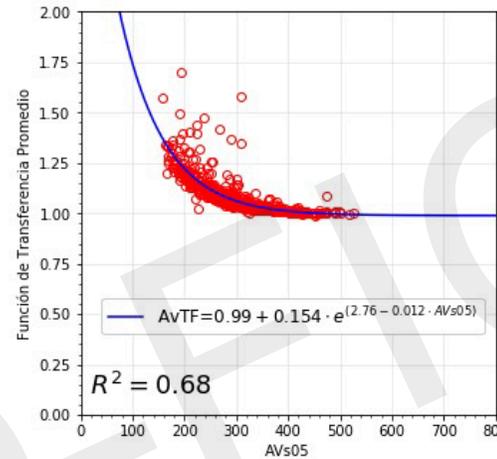
H= 5, 10, 20, 30 m

## 2. RELACIÓN ENTRE EL FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (AVTF) Y LA VELOCIDAD PROMEDIO DE ONDAS DE CORTE (AVs)

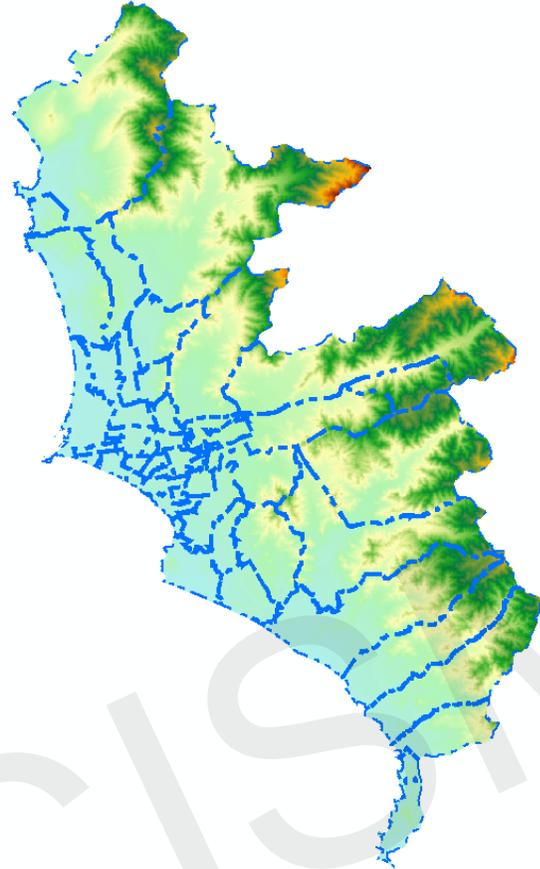
$$f(x) = A * e^{-kx+b} + c$$

$$AvTf = 1 + 0.356 \cdot e^{-0.01Avs20+2.59}$$

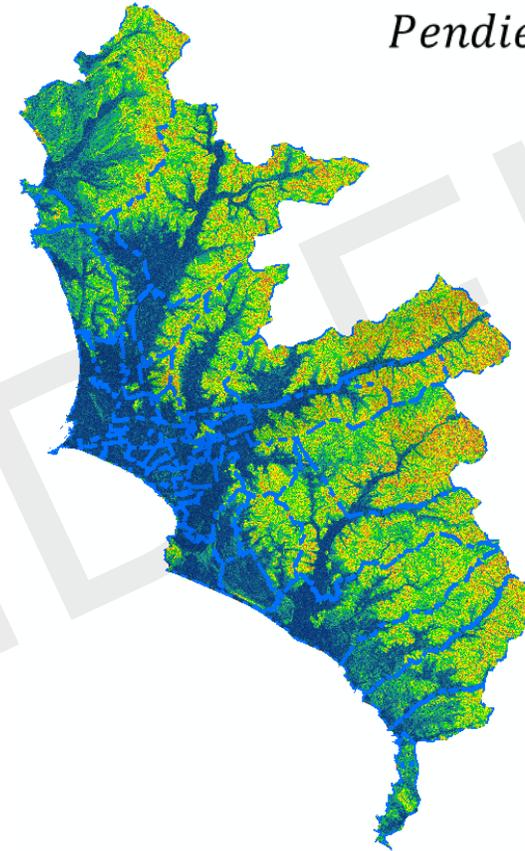
Ajuste del Modelo para  $V_{ref}=500$  m/s



### 3. INFORMACIÓN RECOPIADA



DEM de la ciudad de Lima



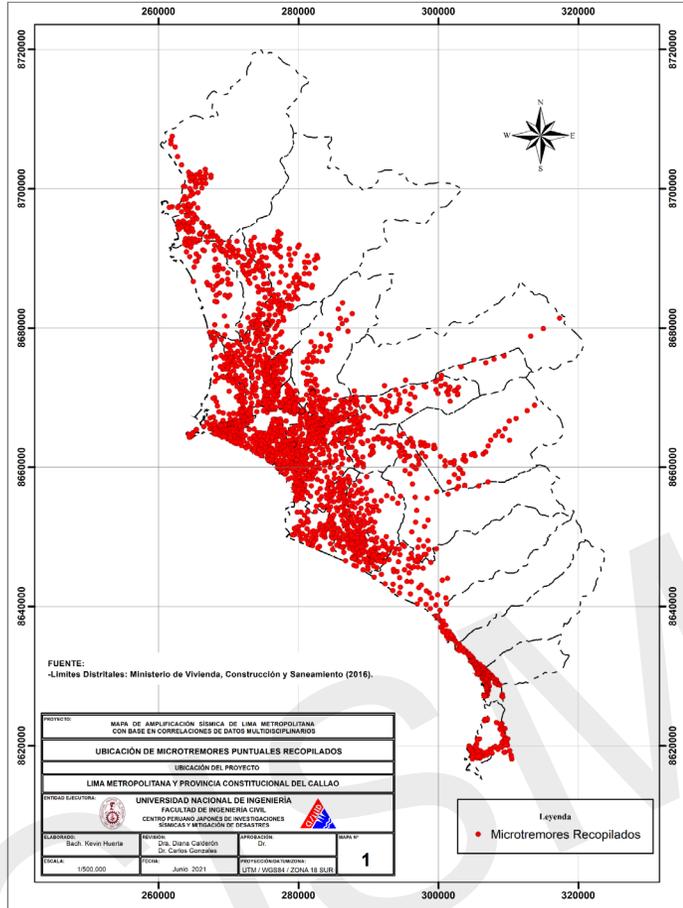
Mapa de Pendientes de la ciudad de Lima

$$Pendiente_{radianes} = \text{atan} \left( \sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \right)$$

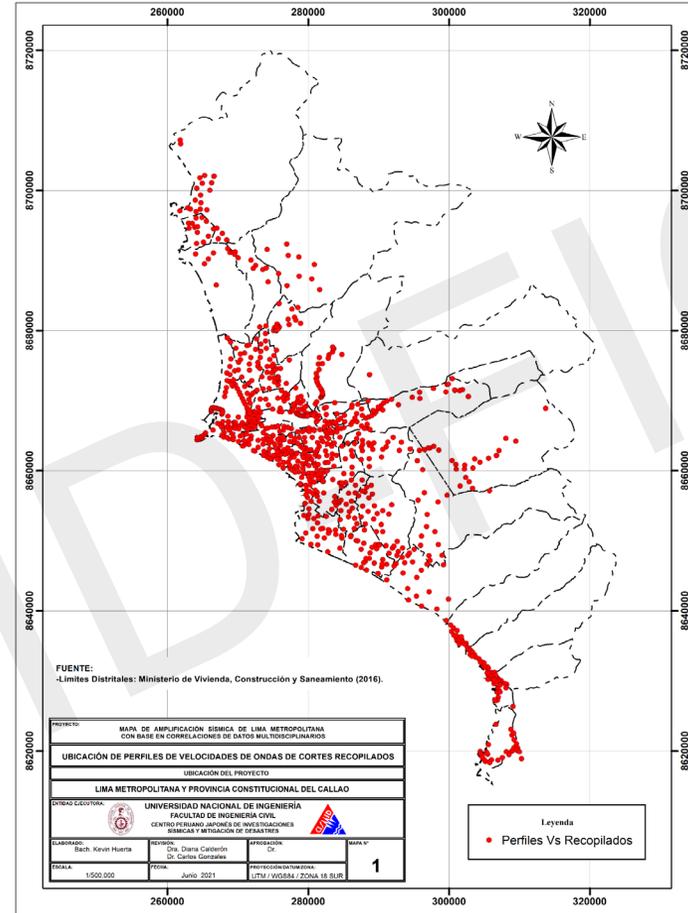
a	b	c
d	e	f
g	h	i

Representación de una celda para el análisis ("e")

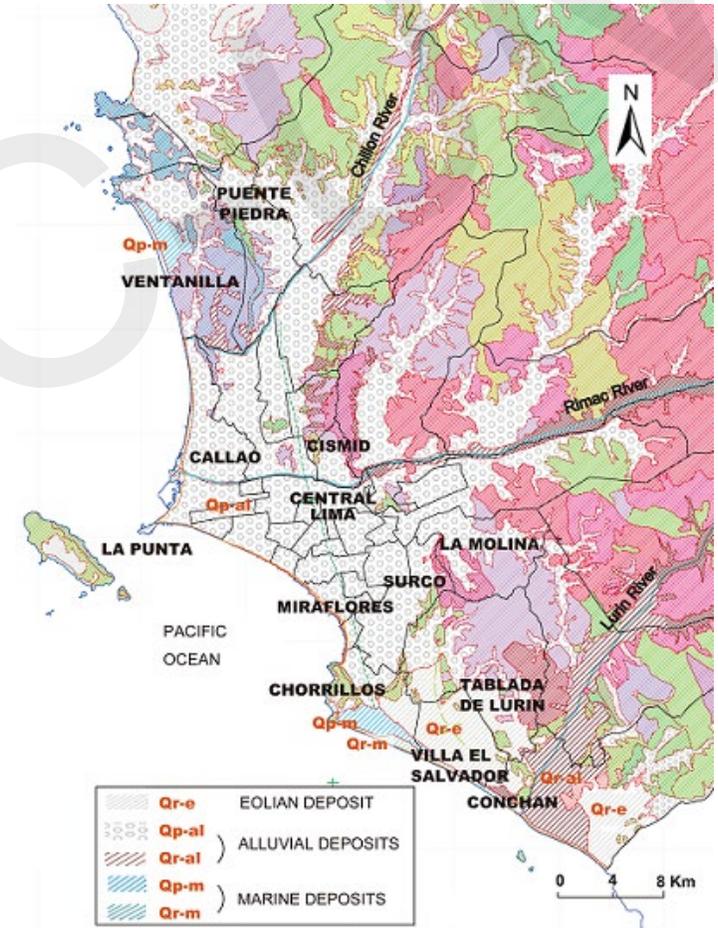
### 3. INFORMACIÓN RECOPIADA



Distribución de periodos de vibración recopilados en Lima (2950 puntos)



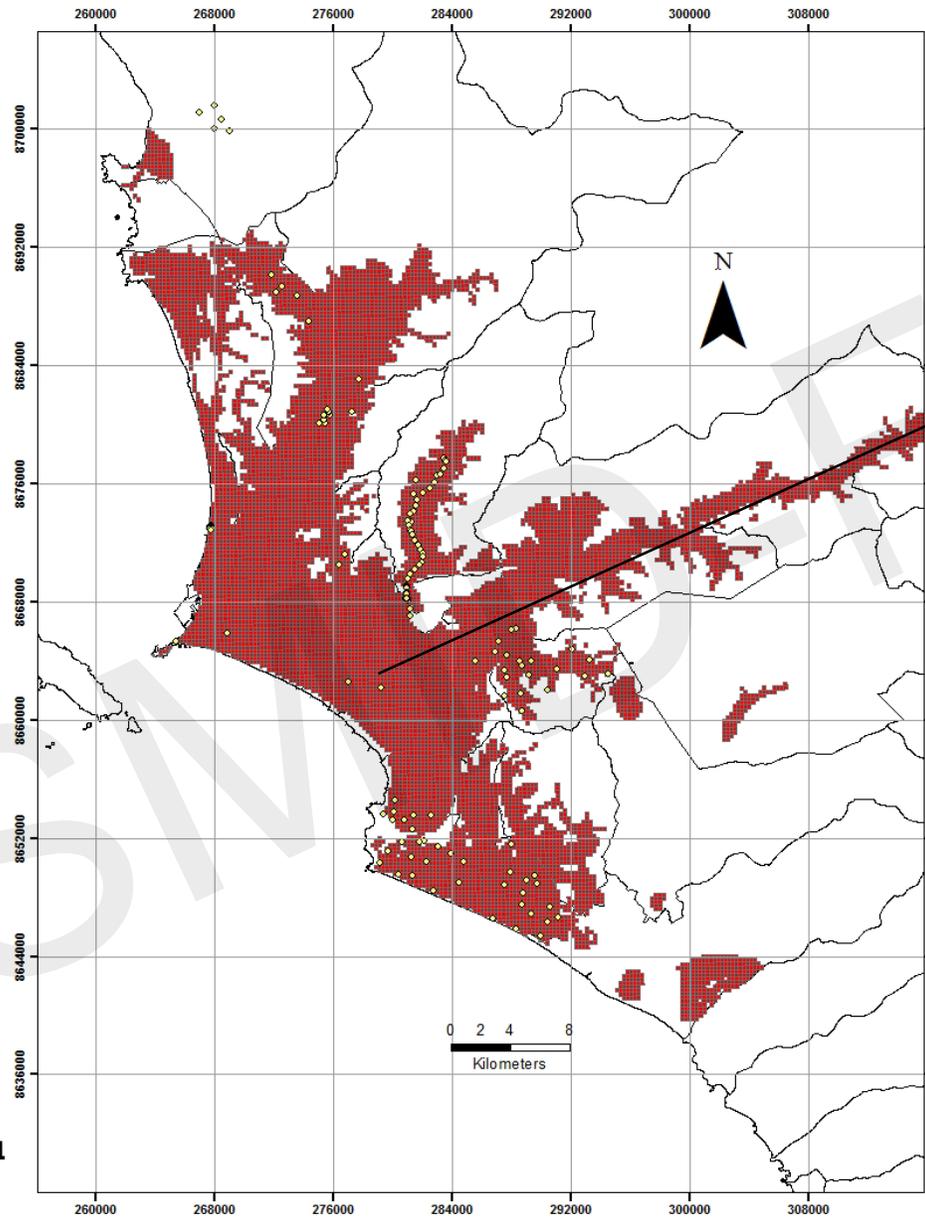
Distribución de perfiles sísmicos recopilados (1100 perfiles)



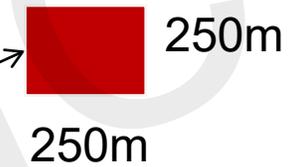
Mapa geológico de Lima

“FACTORES DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA DE LIMA Y CALLAO”

## 4. CORRELACIÓN ENTRE LA DATA DISPONIBLE



Enmallado  
para el análisis



1. Tipo de Suelo
2. Periodo de vibración
3. Elevación
4. Velocidad Promedio de ondas de corte (AVs20)



Ecuaciones de Correlación  
 $AVs20 = f(\text{Tipo de suelo}, T, z)$

“FACTORES DE AMPLI

## 4. CORRELACIÓN ENTRE LA DATA DISPONIBLE

### Ecuaciones de Regresión Lineal Múltiple

$$\ln(Vs_{20}) = c_0 + c_1 \times \ln(\text{Elevation}) + c_2 \times \ln(\text{Period}) + c_3 \times \ln(\text{Slope}) + c_4 \times \text{Soil}$$

$$\text{Eq. Suelo Zona I: } \ln(Vs_{20}) = 5.602 + 0.047\ln(Z) - 0.159\ln(Ts) - 0.029\ln(Sp)$$

$$\text{Eq. Suelo Zona II: } \ln(Vs_{20}) = 5.367 + 0.047\ln(Z) - 0.159\ln(Ts) - 0.029\ln(Sp)$$

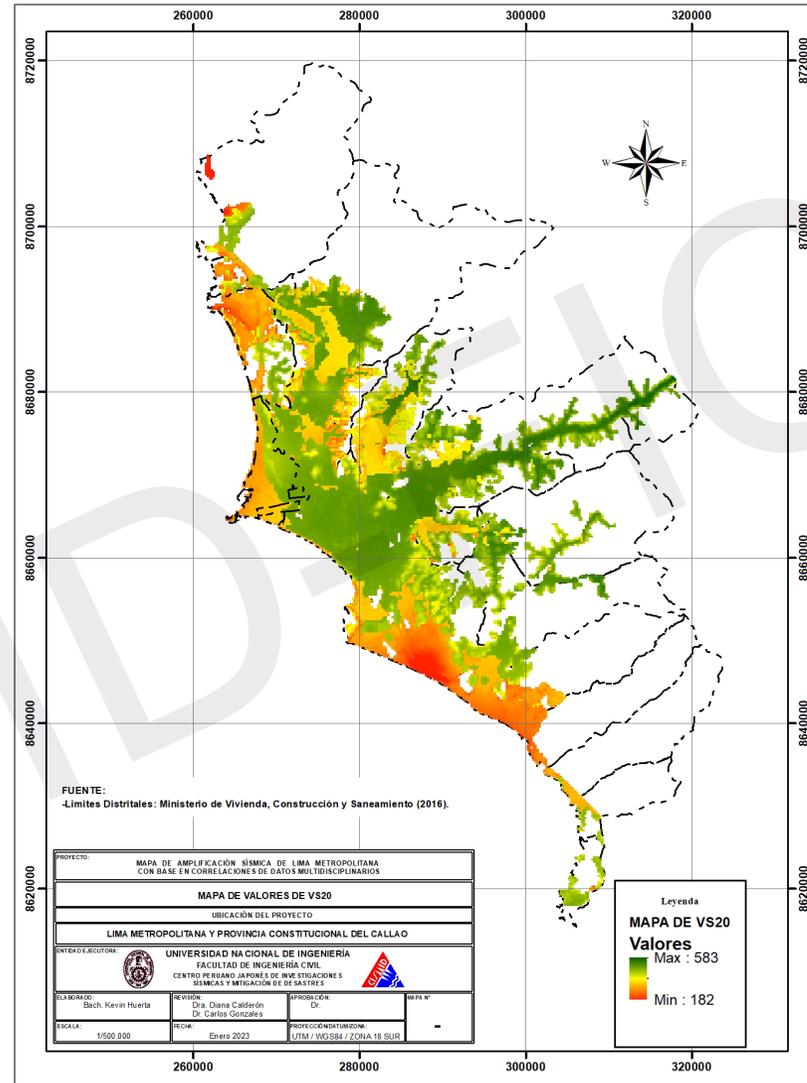
$$\text{Eq. Suelo Zona IIIA: } \ln(Vs_{20}) = 5.359 + 0.047\ln(Z) - 0.159\ln(Ts) - 0.029\ln(Sp)$$

$$\text{Eq. Suelo Zona IIIB: } \ln(Vs_{20}) = 5.327 + 0.047\ln(Z) - 0.159\ln(Ts) - 0.029\ln(Sp)$$

$$\text{Eq. Suelo Zona IV: } \ln(Vs_{20}) = 5.488 + 0.047\ln(Z) - 0.159\ln(Ts) - 0.029\ln(Sp)$$

## 5. MAPA DE VELOCIDAD DE ONDAS DE CORTE PROMEDIO

Ecuaciones de Correlación  
 $AVs20 = f(\text{Tipo de suelo, } T, z)$

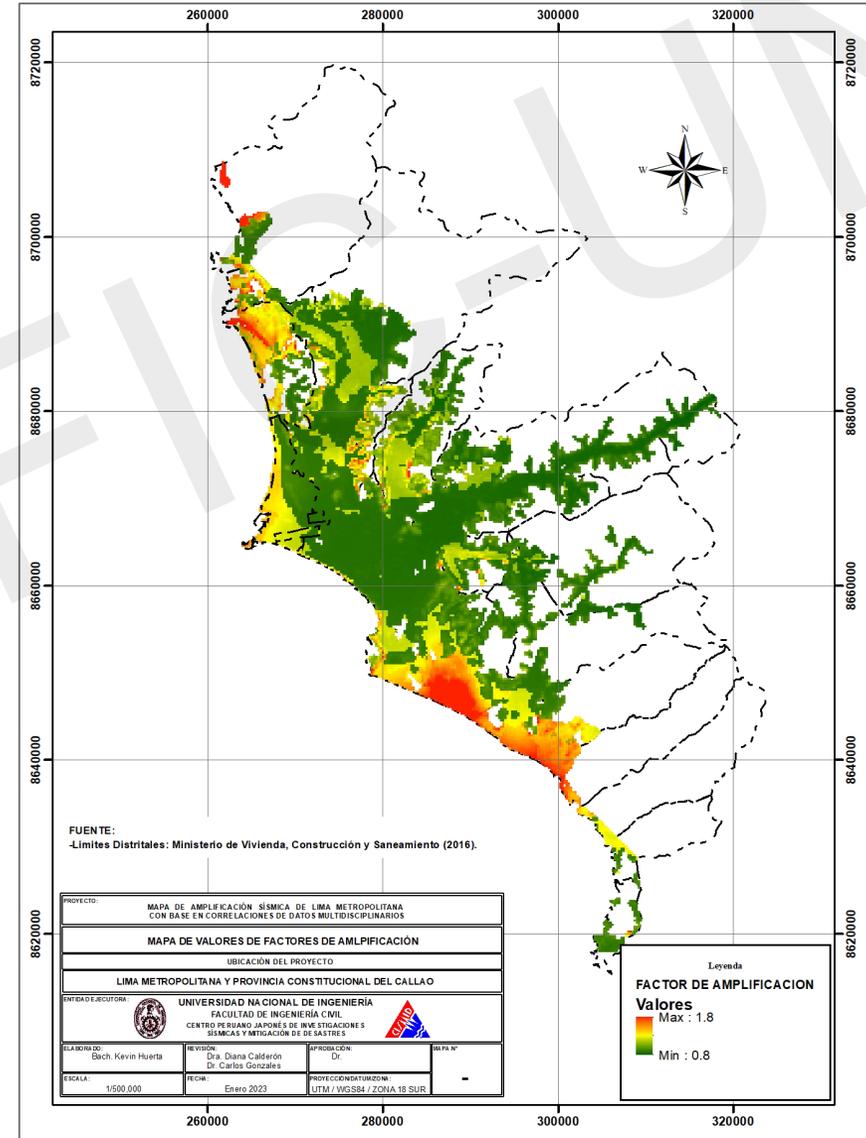


MAPA DE AVs20

# RESULTADO : Mapa de Factores de Amplificación Sísmica de Lima y Callao

Se aplica la fórmula de correlación entre  $A_{vTF}$  y  $A_{vs}$  hallada en el paso 2:

$$A_{vTf} = 1 + 0.356 \cdot e^{-0.01A_{vs}20+2.59}$$



## CONCLUSIONES

- Se propone una fórmula para representar el Factor de Amplificación Sísmica basado en la Función de Transferencia de perfiles sísmicos.
- Se evaluó la correlación entre el Factor de Amplificación ( $A_vTF$ ) y la Velocidad Promedio de Ondas de Corte ( $A_v$ ) para distintas profundidades.
- Con información recopilada de perfiles sísmicos, periodos de vibración, tipo de suelo y pendiente del terreno, se establecieron ecuaciones de correlación para determinar la Velocidad Promedio de Ondas de Corte ( $A_v$ ).
- Finalmente, con la fórmula inicial propuesta entre  $A_vTF$  y  $A_v$ , se obtiene un mapa de factores de amplificación para Lima y Callao.