X CONGRESO SOCHIGE
50 años
3,4 y 5 DIC 2018
Valparaiso

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

Modelo Predictivo de Velocidad Máxima (PGV) y Espectral (PSv) para Zona de Subducción Chilena

Nicolás Bastias Tejos[1]

Gonzalo Montalva [2]; Felipe Leyton [3]

(1) Ingeniero Civil Geotécnico en GENSIS Ingeniería Geotécnica Sísmica, nbastias@gensis.cl

(2) Profesor Asociado en Departamento de Ingeniería Civil Universidad de Concepción

(3) Investigador en Centro Sismológico Nacional Universidad de Chile

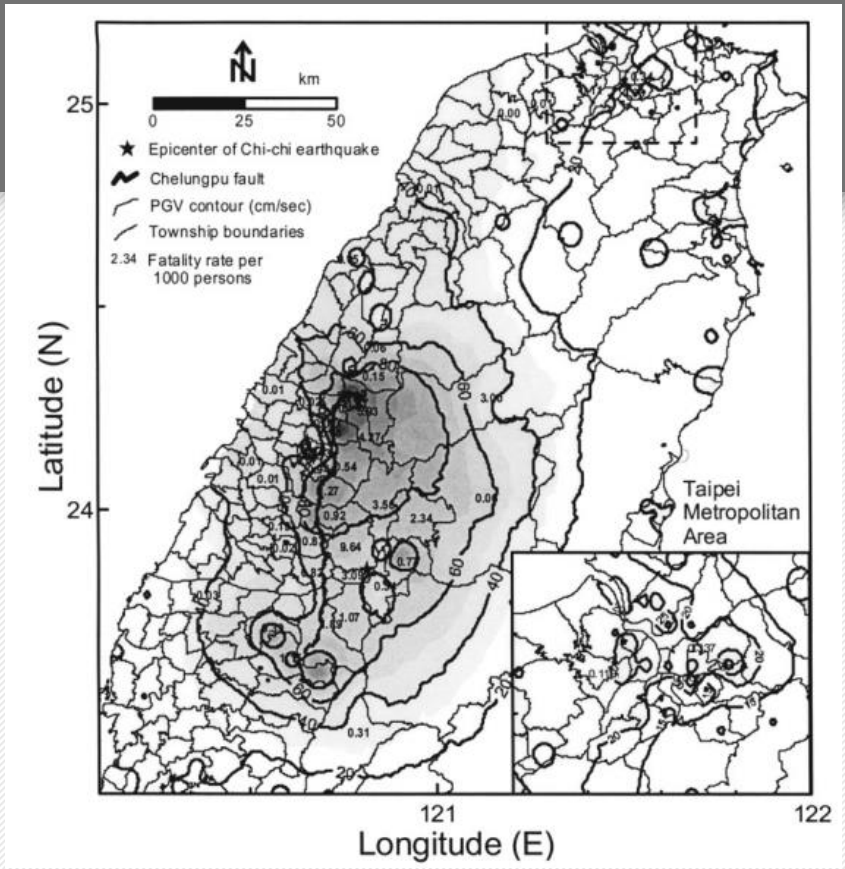
Gensis Ingeniería

Universidad de Concepción

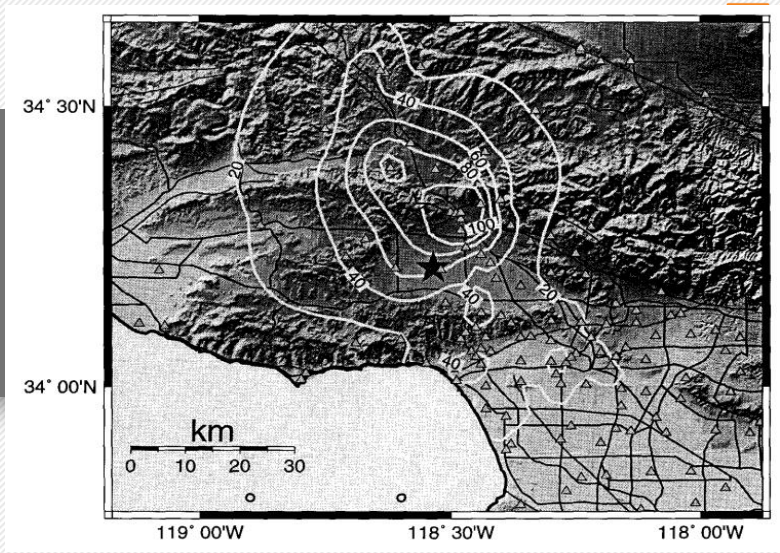
CSN CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL UNIVERSIDAD DE CHILE

Introducción

- PGV como parámetro de intensidad sísmica.
- Existe evidencia clara que el daño estructural esta correlacionado con PGV (Wald et al., 1999, Akkar y Özen, 2005) .
- Wald et al. (1999) recomienda PGV como indicador para una evaluación rápida post-terremoto y para una planificación urbana pre-terremoto.
- Más aplicaciones (Boomer y Alarcon, 2006); evaluar potencial de licuación, diseño de tuberías enterradas y escalamiento de demanda sísmica.



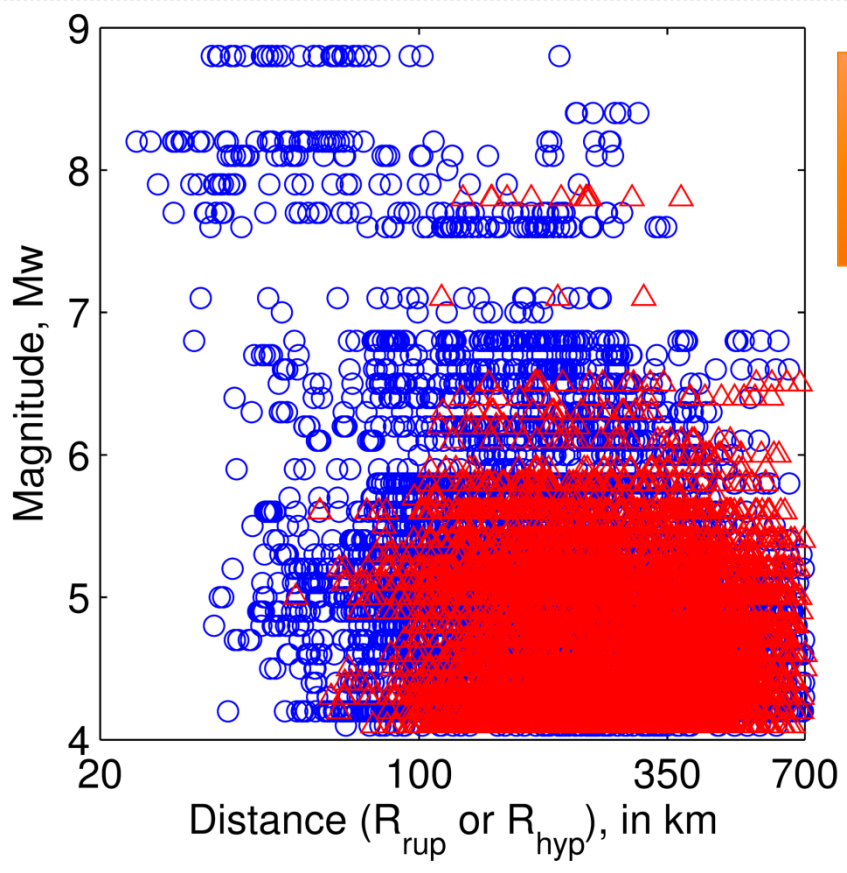
1999 Chi-Chi, Taiwan
(Wu et al., 2003)

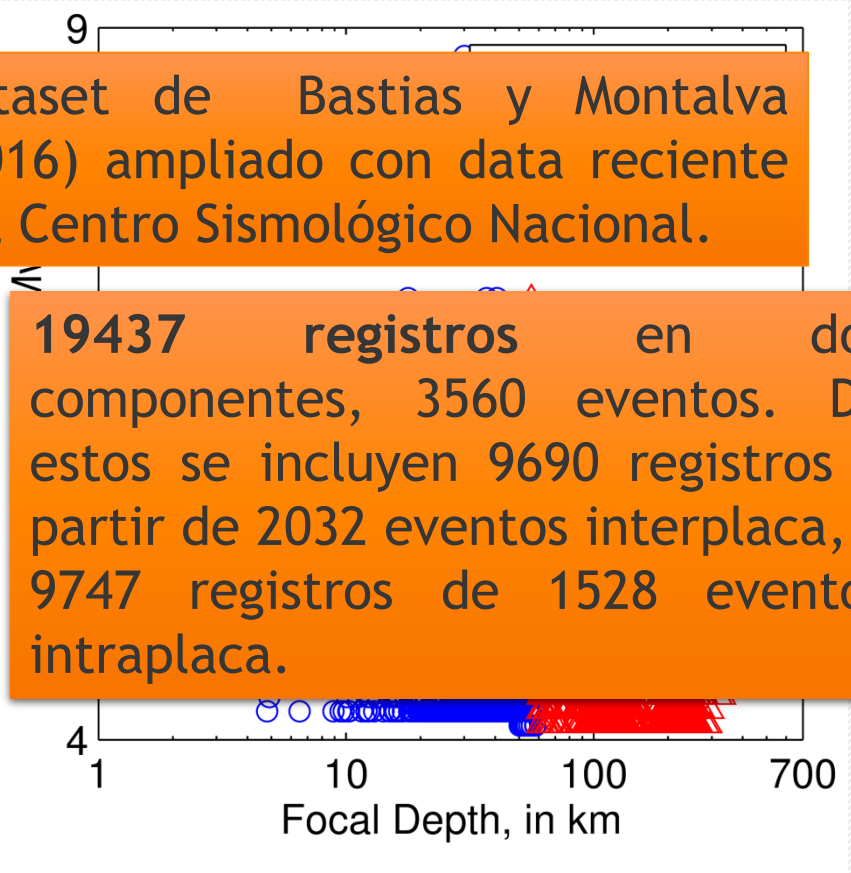


1994 Northridge, EEUU
(Wald et al., 1999)

2010 Maule, Chile
(Montalva et al., 2015)

Base de datos de registros sísmicos

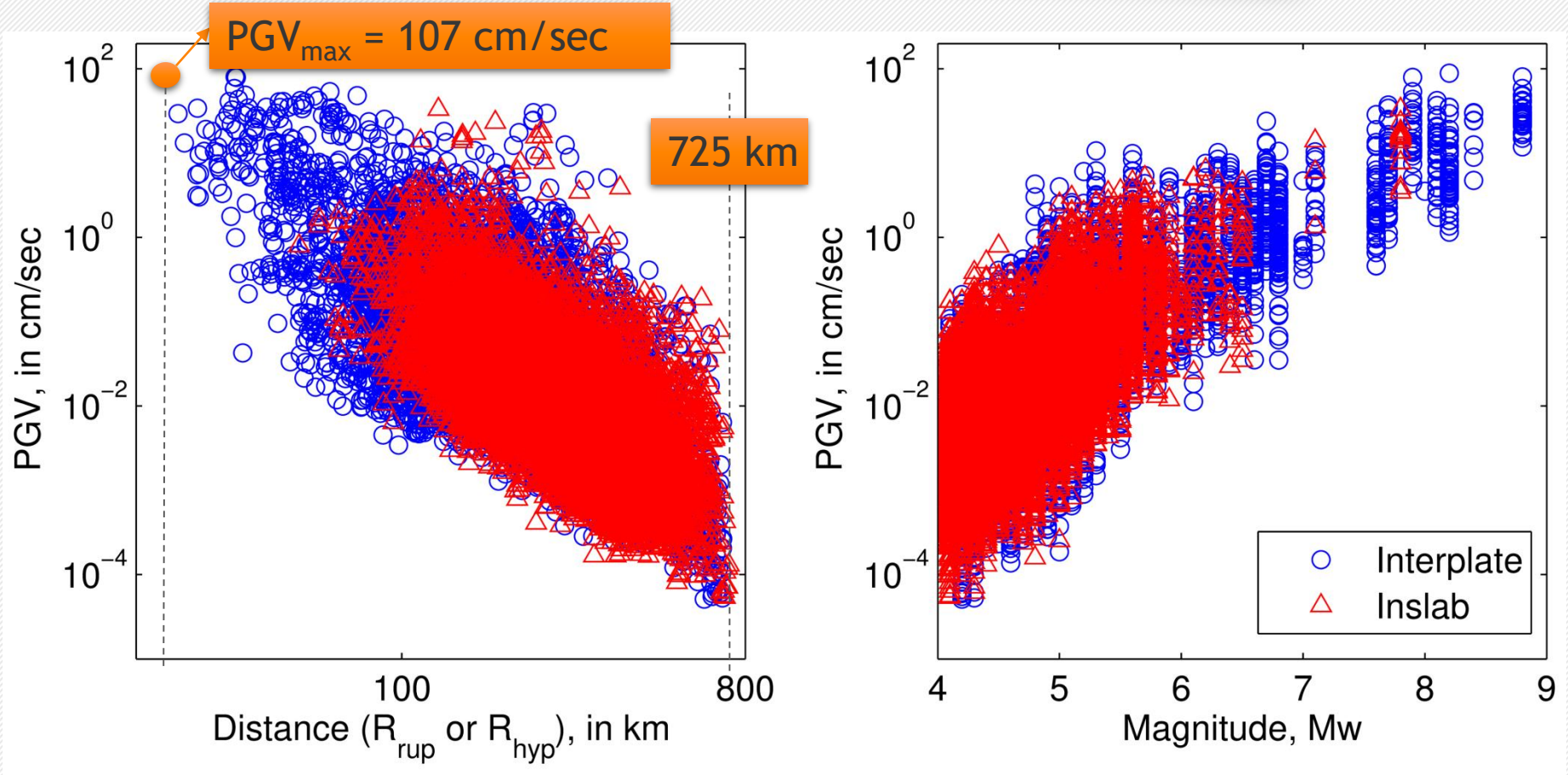




Dataset de Bastias y Montalva (2016) ampliado con data reciente del Centro Sismológico Nacional.

19437 registros en dos componentes, 3560 eventos. De estos se incluyen 9690 registros a partir de 2032 eventos interplaca, y 9747 registros de 1528 eventos intraplaca.

Base de datos de registros sísmicos



Forma funcional

$$\mu(Z|\theta) = \ln PGV \text{ ó } PSv = \theta_1 + f_{mag} + f_{path} + f_{event/depth} + f_{site}$$

Escalamiento por magnitud : Modelo cuadrático- bilineal

$$f_{mag}(M) = \begin{cases} \theta_2(M - M_C) + \theta_4(M - M_C)^2, & \text{if } M \leq M_C \\ \theta_3(M - M_C) + \theta_4(M - M_C)^2, & \text{if } M > M_C \end{cases}$$

donde;
M = magnitud de momento
Mc = Magnitud de corte, set to **7.6Mw**
θ_i = coeficientes del modelo

PGV = velocidad máxima del suelo, en cm/sec

Forma funcional

$$\mu(Z|\theta) = \ln PGV \text{ ó } PSv = \theta_1 + f_{mag} + f_{path} + f_{event/depth} + f_{site}$$

Escalamiento por distancia (Abrahamson et al., 2016)

$$f_{path} = [\theta_5 + \theta_6 F_{event} + \theta_7 (M - 7.6)] \ln(R + C_1 \exp\left(C_2 (M - 6)\right)) + \theta_8 R$$

donde;

M = magnitud de momento

R = distancia más corta al plano de ruptura, r_{rup} para interplaca, y r_{hyp} para intraplaca.

F_{event} = variable binaria $\begin{cases} 1 & , \text{ inslab} \\ 0 & , \text{ interface} \end{cases}$

θ_i = coeficientes del modelo

PGV = velocidad máxima del suelo, en cm/sec

Forma funcional

$$\mu(Z|\theta) = \ln PGV \text{ ó } PSv = \theta_1 + f_{mag} + f_{path} + f_{event/depth} + f_{site}$$

Escalamiento por sismogénesis (Abrahamson et al., 2006)

$$f_{event/depth} = [\theta_9 + \theta_{10}(Z_h - 60)]F_{event}$$

donde;

Zh = profundidad hipocentral, in km

F_{event} = variable binaria $\begin{cases} 1 & , \text{ inslab} \\ 0 & , \text{ interface} \end{cases}$

θ_i = coeficientes del modelo

PGV = velocidad máxima del suelo, en cm/sec

Forma funcional

$$\mu(Z|\theta) = \ln PGV \text{ ó } PSv = \theta_1 + f_{mag} + f_{path} + f_{event/depth} + f_{site}$$

$$f_{site}(PGV_{ref}, V_{s,30}, f_0) =$$

$$\begin{cases} \theta_{11}\ln\left(\frac{V_s^*}{V_{ref}}\right) + \theta_{12}F_{peak}\ln\left(\frac{f_0^*}{f_{ref}}\right) - \theta_{13}\ln(PGV_{ref}+c) + \theta_{13}\left[\ln\left(PGV_{ref}+c\left[\left(\frac{V_s^*}{V_{ref}}\right)^{n_1} + \left(\frac{f_0^*}{f_{ref}}\right)^{n_2}\right]\right)\right], & \text{if } V_{s30} < V_{ref} \\ \theta_{11}\ln\left(\frac{V_s^*}{V_{ref}}\right) + \theta_{12}F_{peak}\ln\left(\frac{f_0^*}{f_{ref}}\right) + \theta_{13}\left[n_1\ln\left(\frac{V_s^*}{V_{ref}}\right) + n_2 F_{peak}\ln\left(\frac{f_0^*}{f_{ref}}\right)\right], & \text{if } V_{s30} \geq V_{ref} \end{cases}$$

donde;

V_{s30} = velocidad de onda de corte promedio en los 30 metros, en m/s

f_0 = frecuencia predominante del sitio, in Hz

PGV_{ref} = velocidad máxima del suelo en roca (V_{s30} = 1000 m/s)

F_{peak} = dummy variable $\begin{cases} 1, & \text{clear peak on } H/V \text{ curve} \\ 0, & \text{flat curve} \end{cases}$

θ_i = coeficientes del modelo

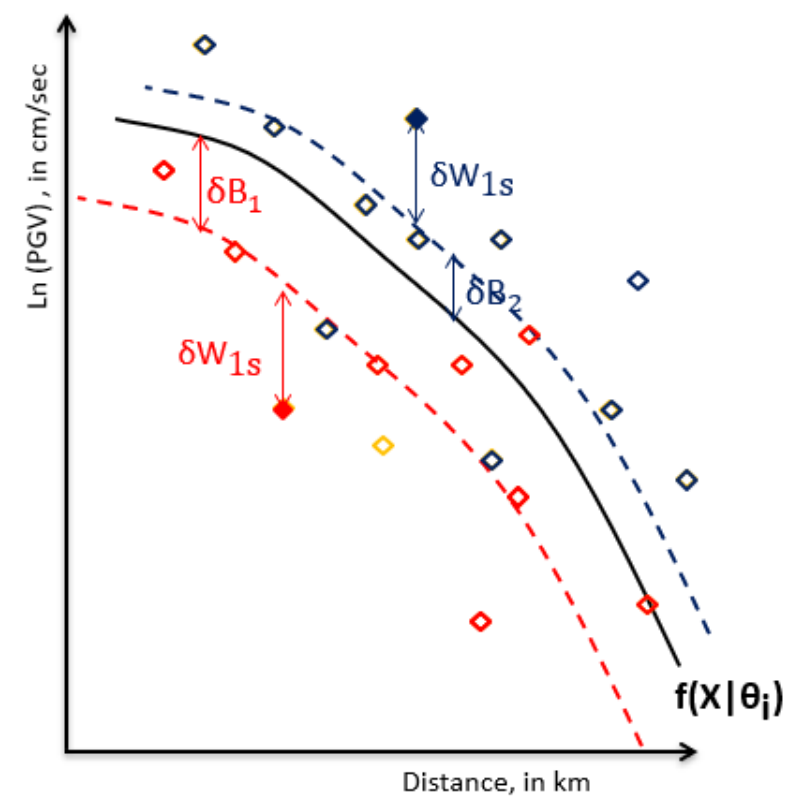
PGV = velocidad máxima del suelo, en cm/sec

$$V_s^* = \begin{cases} 1000, & \text{if } V_{s30} > 1000 \\ V_{s30}, & \text{if } V_{s30} \leq 1000 \end{cases}$$

$$f_0^* = \begin{cases} 6.0, & \text{if } f_0 > 6.0 \\ f_0, & \text{if } f_0 \leq 6.0 \end{cases}$$

Forma funcional

- **Modelamiento de residuales**



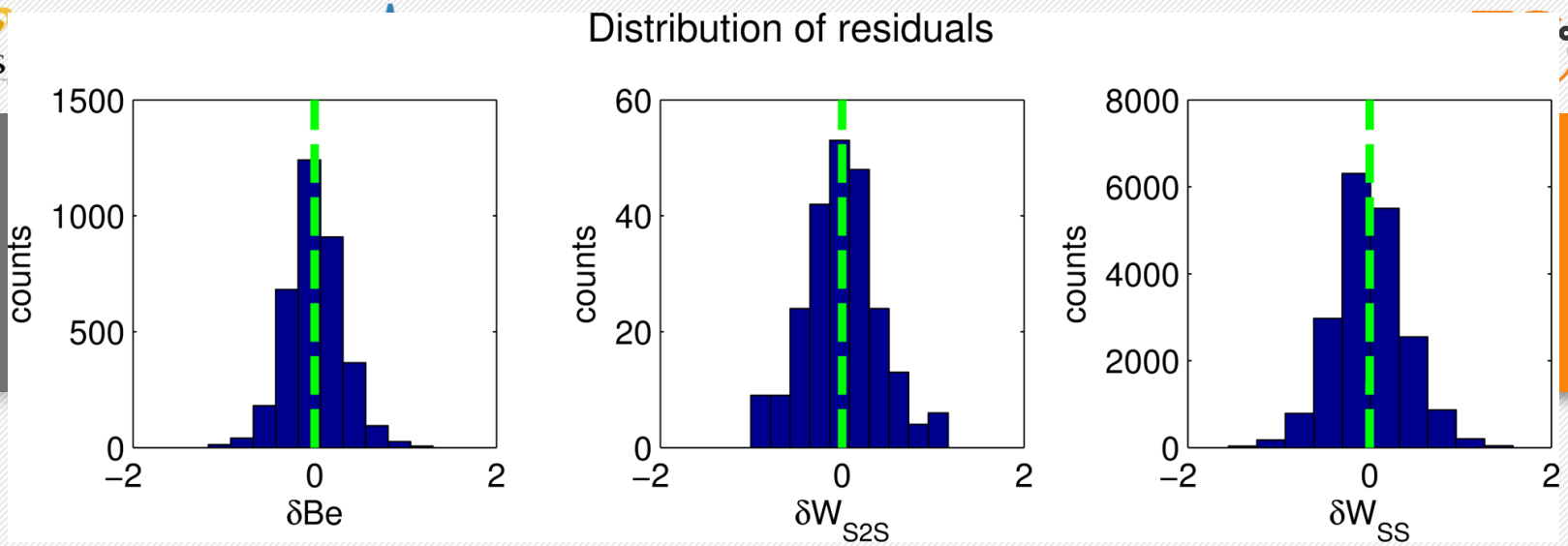
$$\ln(PGV) = \mu(Z|\theta) + \delta B_e + \delta W_{S2S_s} + \delta W_0$$

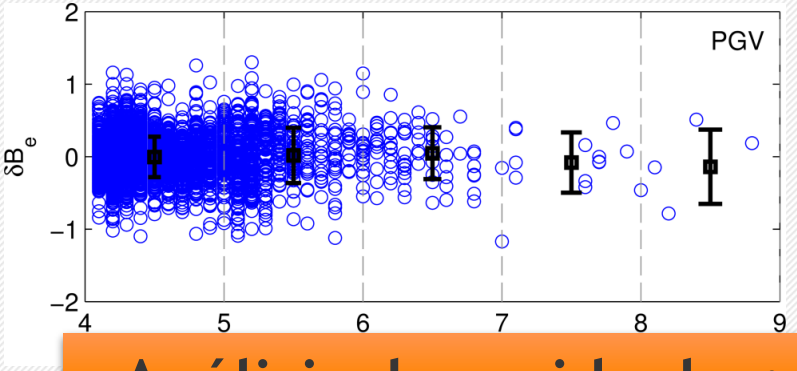
$$\delta B_e \sim N\left(0, \tau^2\right)$$

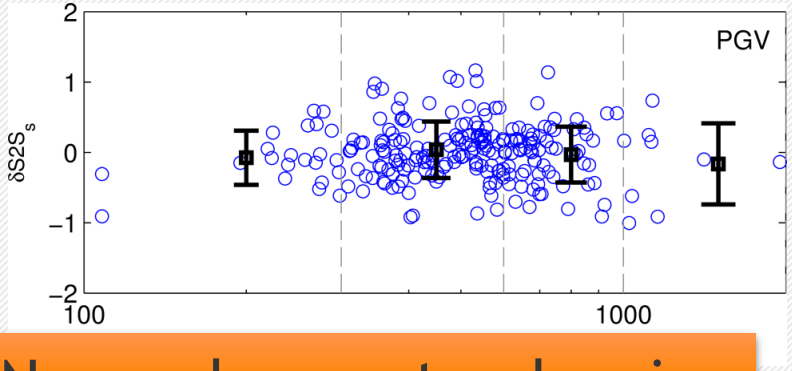
$$\delta S2S_s \sim N\left(0, \varphi_{S2S}{}^2\right)$$

$$\delta W_0 \sim N(0, \varphi_{SS}{}^2)$$

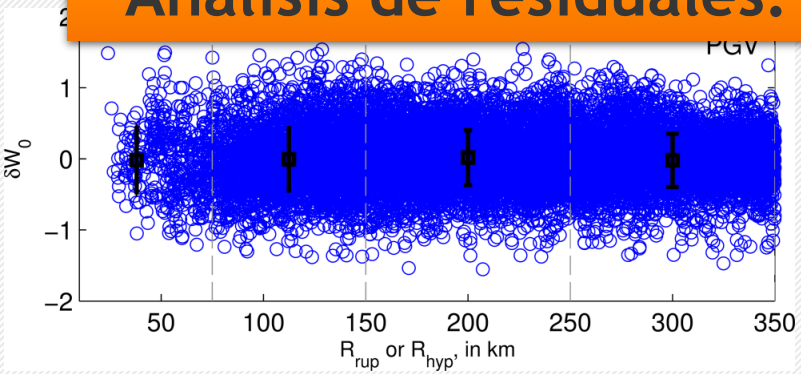
$$\sigma_T = \sqrt{\tau^2 + \varphi_{S2S}^2 + \varphi_{SS}^2}$$

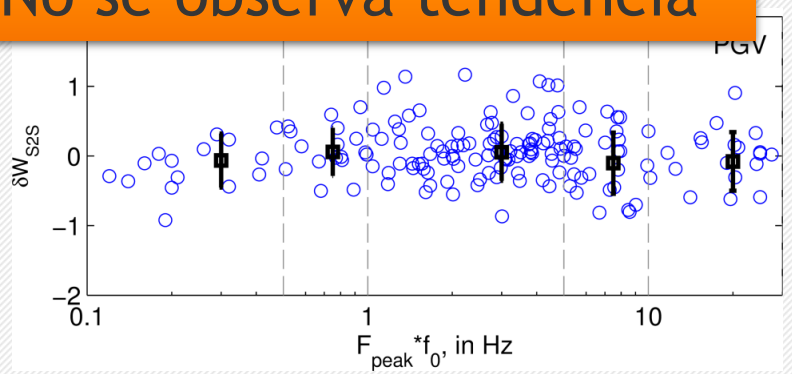




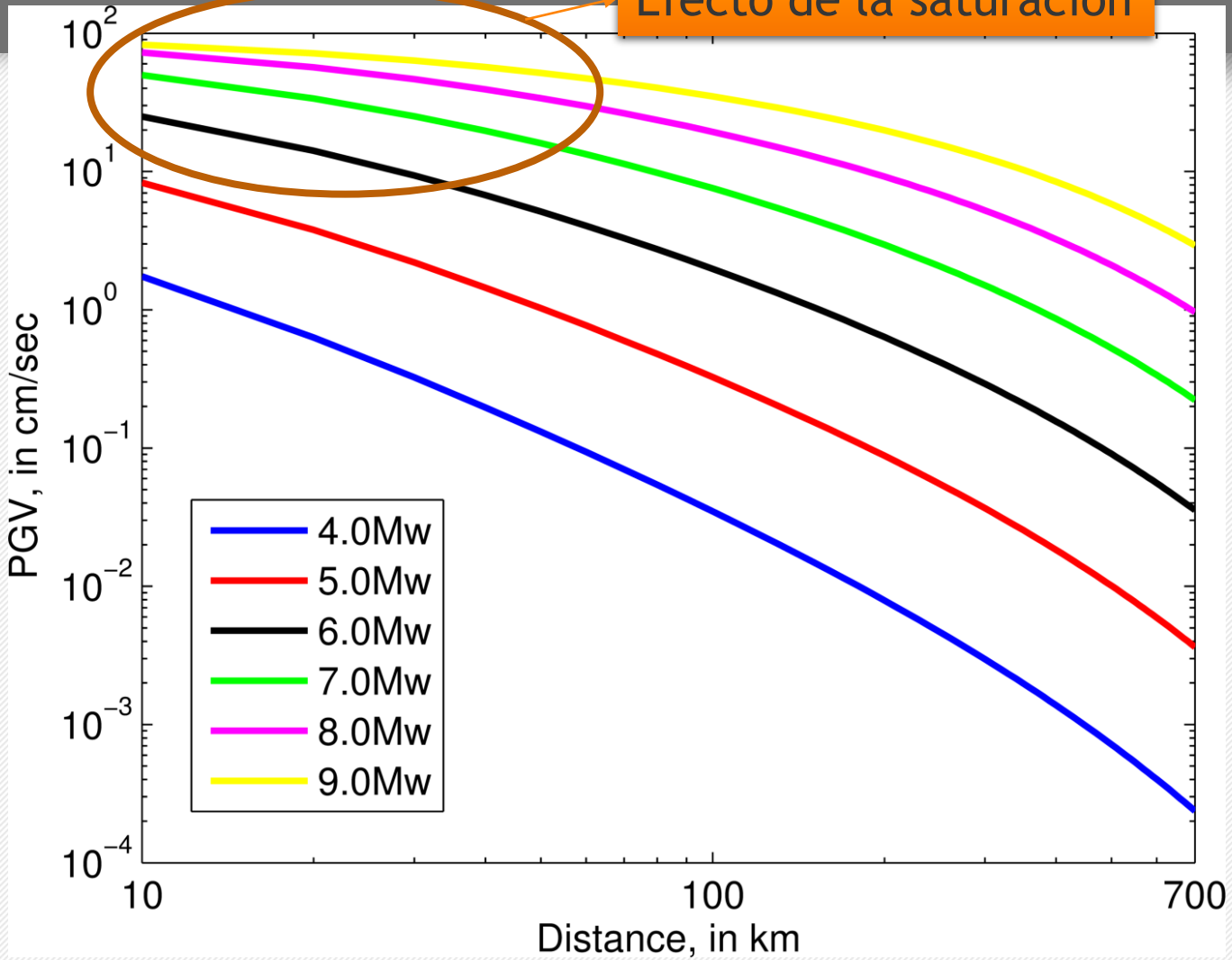


Análisis de residuales: No se observa tendencia





Escalamiento de la respuesta sísmica

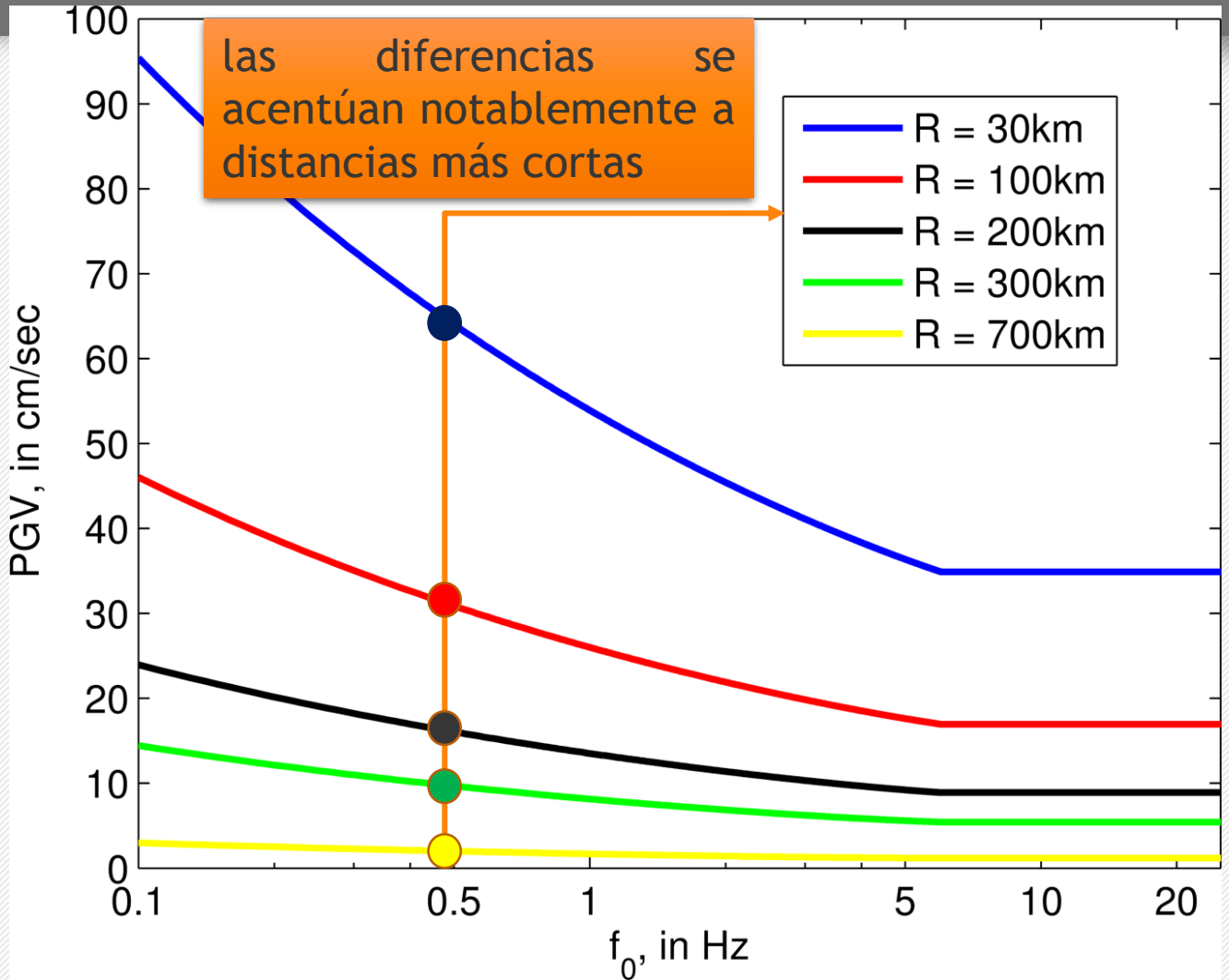


Escalamiento por distancia

Earthquake scenario

Mw = 5:1:9;
F_{event} = 0;
R = 10:10:300;
Zh = 30;
Vs30 = 200;
f0 = 0.8;
F_{peak} = 1;

Escalamiento de la respuesta sísmica

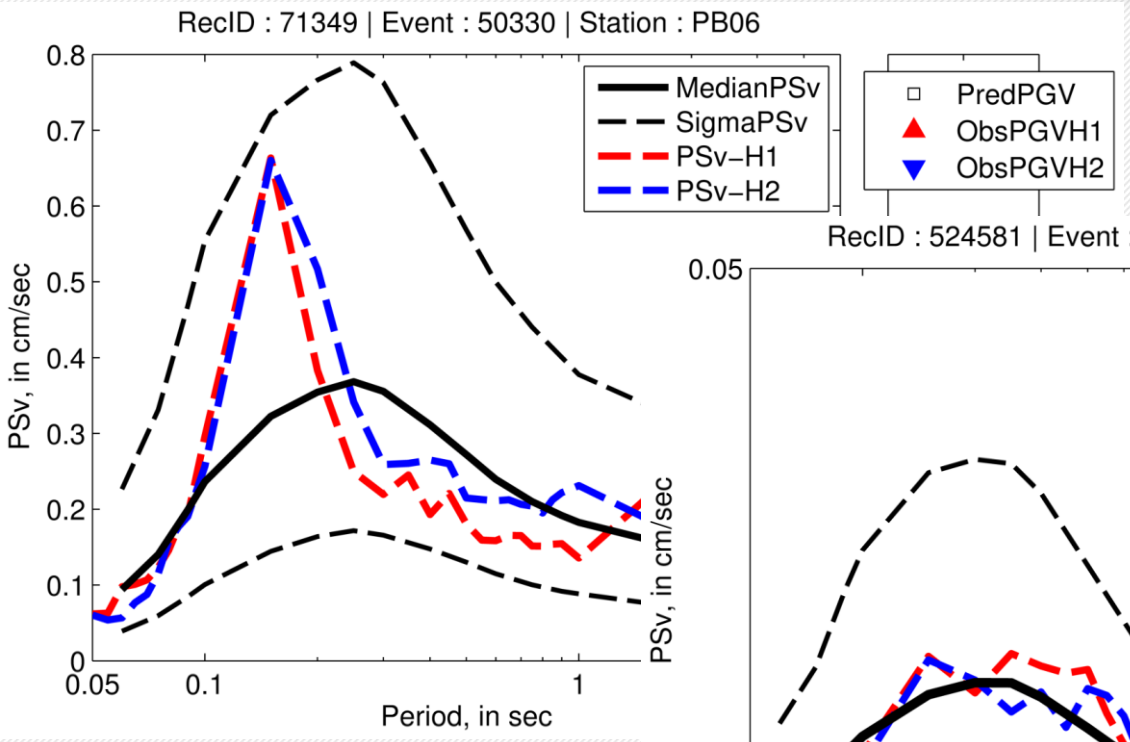


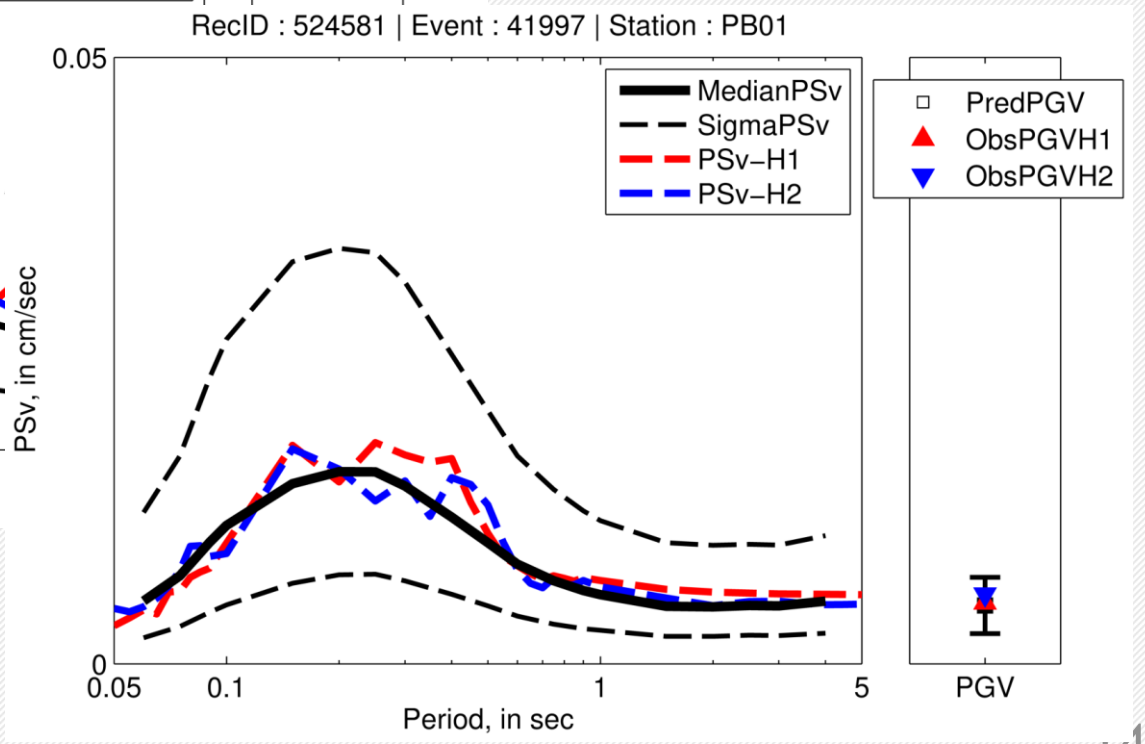
Escalamiento por f_0

Earthquake scenario

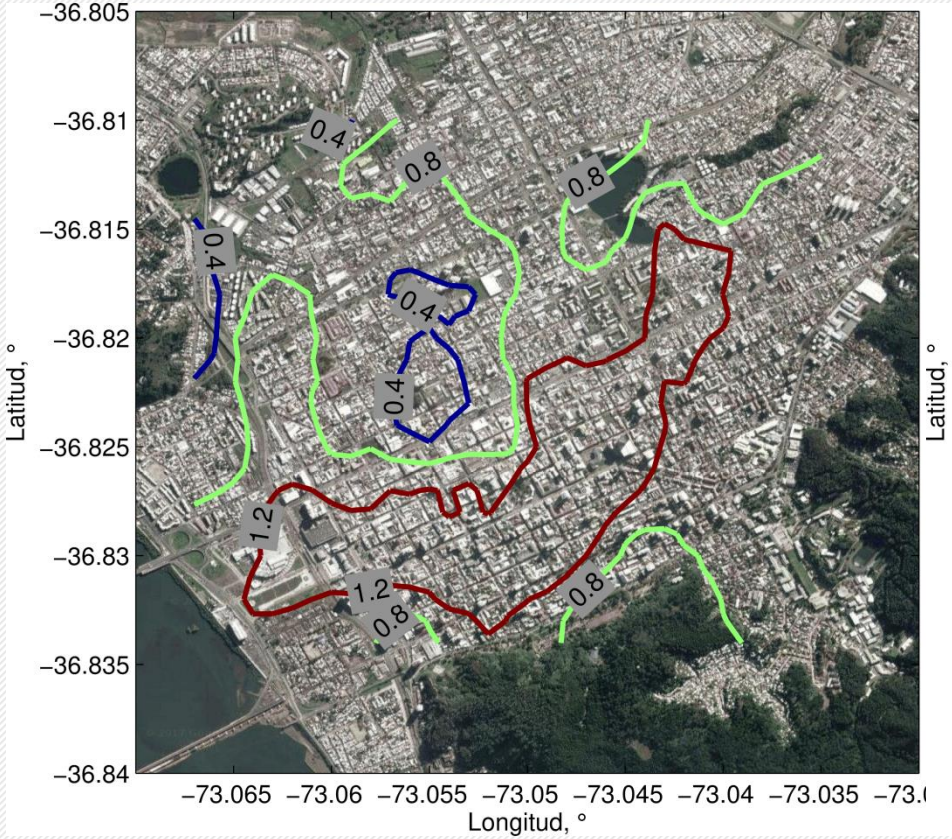
Mw = 8.5;
F_{event}= 0;
R = [30 100 200 300];
Zh = 30;
Vs30 = 200;
f0 = 0.1:.01:25;
F_{peak}= 1;

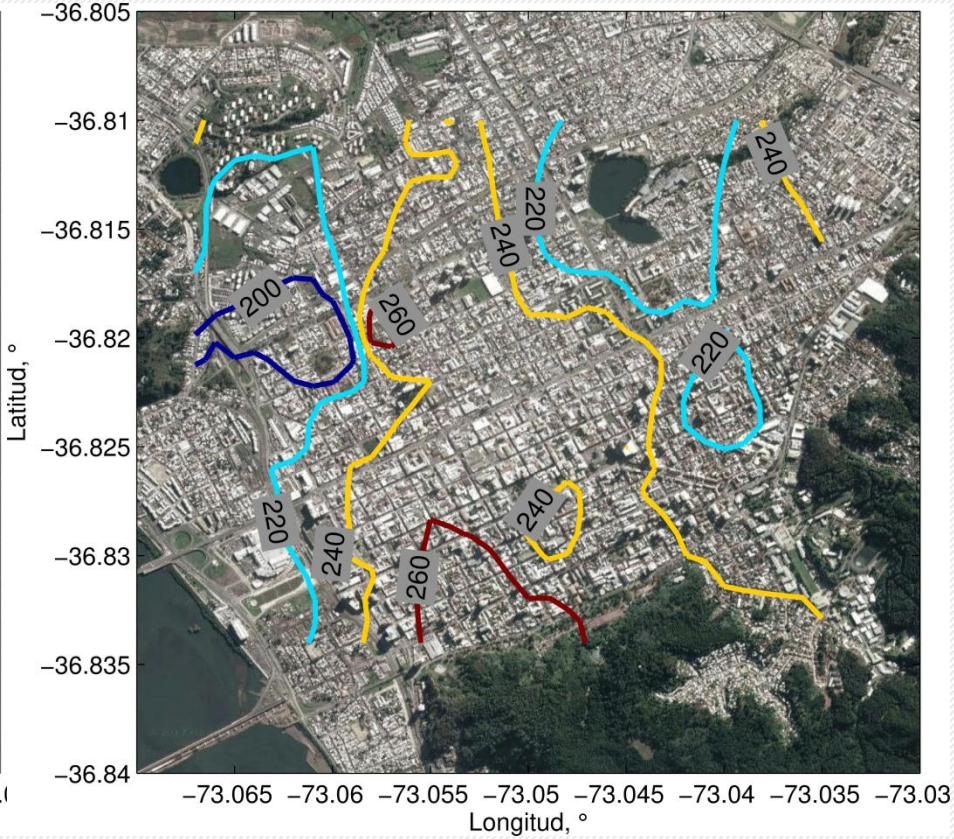
Respuesta espectral de velocidades (PSv)



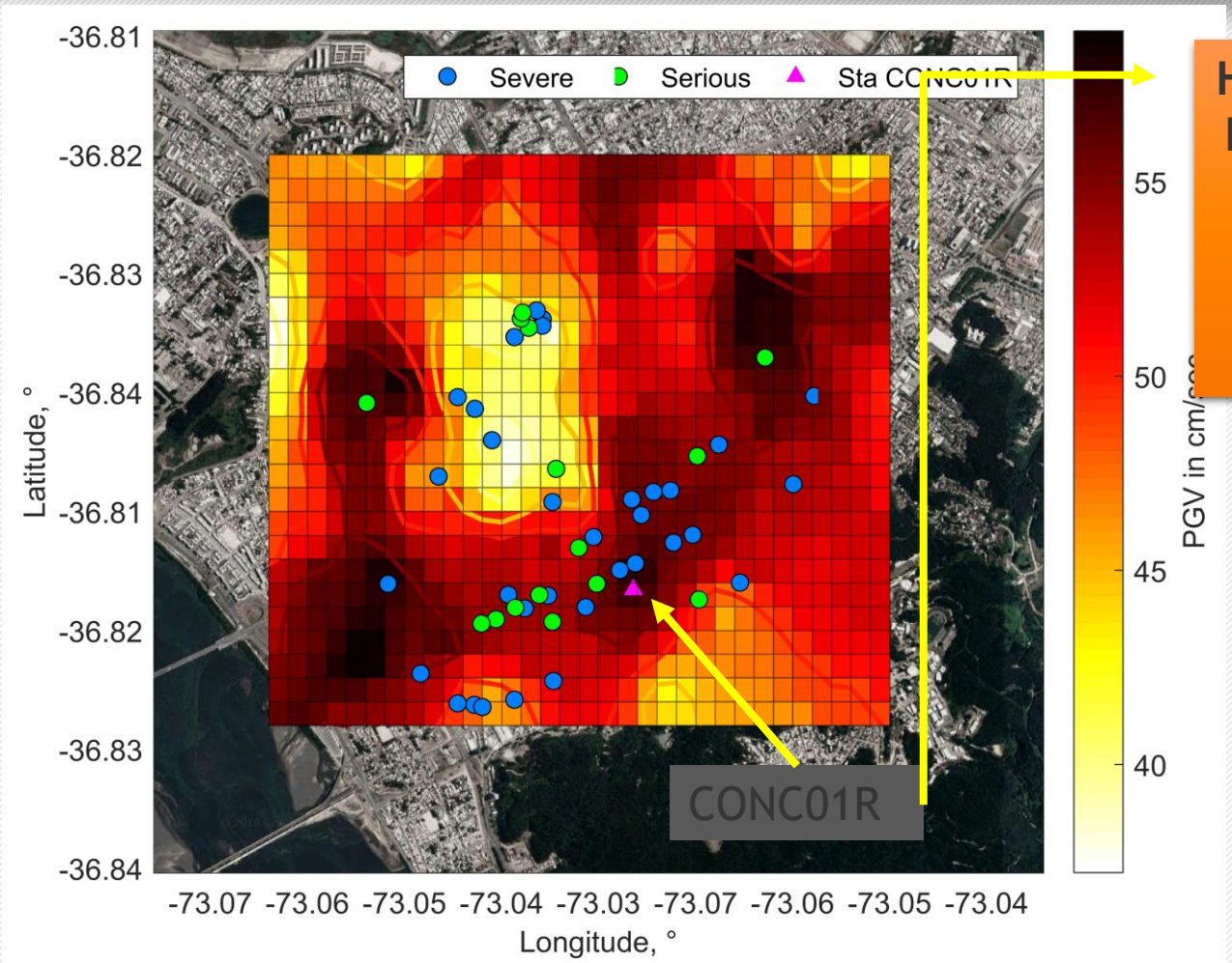


Aplicación del modelo en Concepción para el 27F





Aplicación del modelo en Concepción para el 27F

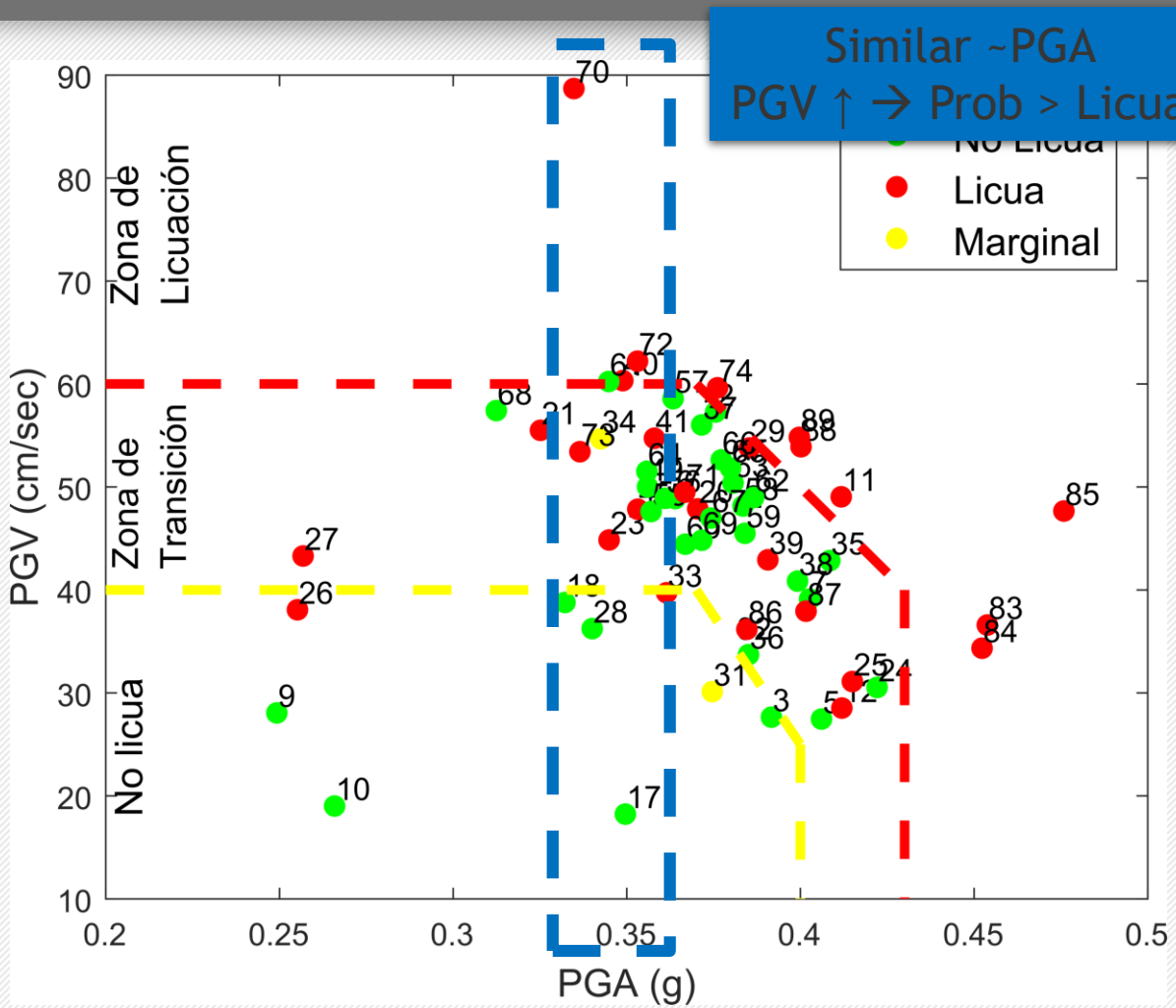


H1 = 67.48 cm/sec,
H2 = 50.51 cm/sec
~58 cm/sec

Concepción (27F)
(Observado)

Aplicación para análisis de ocurrencia de licuación

Similar ~PGA
PGV ↑ → Prob > Licua



Comentarios finales

- En el presente trabajo se desarrollo un **modelo predictivo de velocidades máximas (PGV) y espectrales (PSv)** para la zona de subducción chilena.

- El parámetro **PGV**, junto con la **inclusión de frecuencia predominante** en el término de sitio, muestran una importante **capacidad predictiva de daño estructural** (caso Concepción 27F).

Comentarios finales

- El **aumento de PGV** esta asociada al incremento en la demanda de **deformación máxima en la estructura**, y por lo tanto, de **daño estructural** (Akkar y Sucuoglu, 2003).

- Uso de PGV en **planificación territorial** y **generación** de **ShakeMaps** frente a terremotos (Wald et al., 1999)

- Uso de PGV como *trigger* del **fenómeno de licuación.**

Agradecimientos

- Profesor Felipe Leyton

  Centro Sismológico Nacional

- Profesor Gonzalo Montalva

  FONDEF ID16i10157

- GENSIS Ingenieria Geotécnica Sísmica

¡Muchas Gracias!

Modelo Predictivo de Velocidad Máxima (PGV) y Espectral (PSv) para Zona de Subducción Chilena

Nicolás Bastias Tejos
nbastias@gensis.cl

Gensis Ingeniería

Universidad de Concepción

CSN CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL UNIVERSIDAD DE CHILE