



Sismo en San Juan del 18 de enero de 2021

Informe preliminar de registros instrumentales

Febrero de 2021

Preparado por:

F. Zabala, R. Rodari, G. Zabala, J. Santalucía





Introducción

En este informe se reportan los registros de aceleración y en sismoscopios en varias ubicaciones en la Provincia de San Juan que han sido obtenidos por el Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la Universidad Nacional de San Juan con instrumental propio o perteneciente a la Dirección de Recursos Energéticos de la Provincia de San Juan.

El sismo del 18/01/2021 afectó a distintas localidades de la Provincia de San Juan. La distancia desde la ubicación del epicentro reportado por el INPRES (31.854º latitud sur, 68.963º longitud oeste en el departamento Zonda) a localidades importantes cercanas se muestra en la tabla siguiente.

Distancia a localidades importantes

	Distancia [km]	
Ciudad de San Juan	54	
Villa Aberastain	43	
La Rinconada	39	
Carpintería	39	
Los Berros	31	
Media Agua	52	
Calingasta	72	
Barreal	54	
Mendoza	113	
Uspallata	89	

A continuación se detallan los registros obtenidos en el Edificio del Instituto, el Centro Cívico de la Provincia de San Juan y las Presas Punta Negra y Los Caracoles.

Edificio del Instituto de Investigaciones Antisísmicas

Ubicación: 31º32'2" S, 68º32'42" O

Distancia desde el epicentro informado por INPRES: 53 km en dirección Noreste

Equipos que registraron el sismo:

- Sismoscopio Wilmot ubicado en el subsuelo del edificio
- Acelerómetro SMAC B-2 ubicado en el subsuelo del edificio
- Acelerómetro Terra ubicado en el subsuelo del edificio

Registro en sismoscopio Wilmot: En la figura 1 se aprecia la traza, cuya amplitud de 10,3mm es equivalente a una pseudoaceleración de 0,18g. Se puede estimar a partir de este valor una intensidad de VII en la escala de Mercalli Modificada, superior a la intensidad entre V y VI asignada por el INPRES a la ciudad de San Juan.



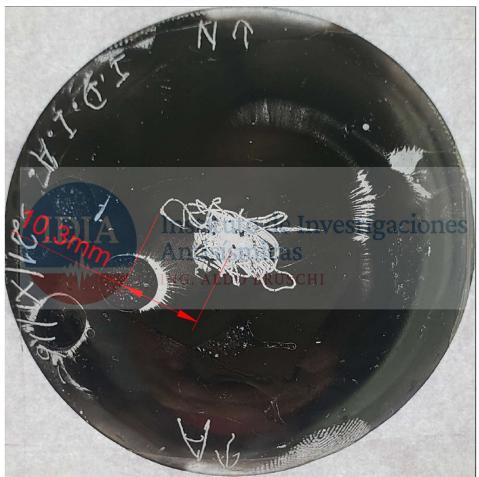


Figura 1: Registro del sismoscopio ubicado en el IDIA

Registro en acelerómetro SMAC B-2: En las figuras 2 a 4 se observan los registros de aceleración del terreno obtenidos con el acelerómetro Akashi SMAC B-2 instalado en el subsuelo del IDIA. Este equipo utiliza como medio de registro las trazas de 3 agujas sobre un papel encerado que se mueve a una velocidad prefijada de 1 cm/segundo. Se logró recuperar 25 segundos de los registros en direcciones Este-Oeste y Norte sur, pero solamente 5 segundos del registro en dirección vertical. La máxima aceleración del terreno se obtuvo en la componente E-O, alcanzando 0,22g. Las máximas aceleraciones del terreno registradas en dirección N-S y vertical fueron 0,13g y 0,08g respectivamente. En la figura 5 se presentan los espectros de respuesta de pseudoaceleración para 5% de amortiguamiento.

Se calculó en forma computacional la respuesta de un péndulo de dos grados de libertad, con características dinámicas equivalentes a las del sismoscopio Wilmot, a las aceleraciones del terreno registradas por el acelerómetro SMAC B-2. En la figura 6 se compara la traza registrada con el sismoscopio Wilmot con la obtenida en forma computacional. Se observa una muy buena correspondencia entre ambas trazas. La amplitud simulada es 10,24 mm, prácticamente igual a la amplitud de 10,3 mm medida en el registro del sismoscopio.



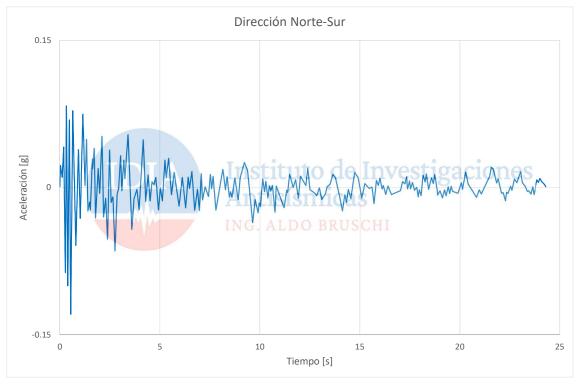


Figura 2: Registro del acelerómetro SMAC B-2 ubicado en el IDIA. Dirección Norte-Sur.

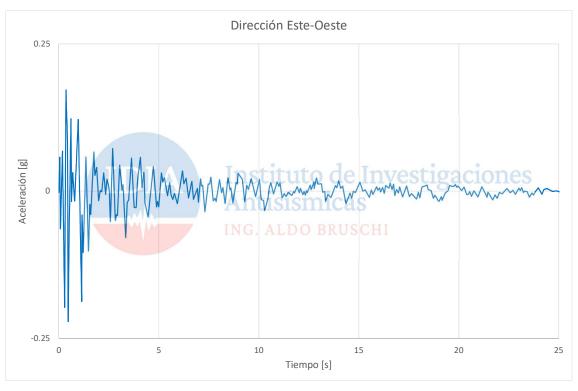


Figura 3: Registro del acelerómetro SMAC B-2 ubicado en el IDIA. Dirección Este-Oeste.





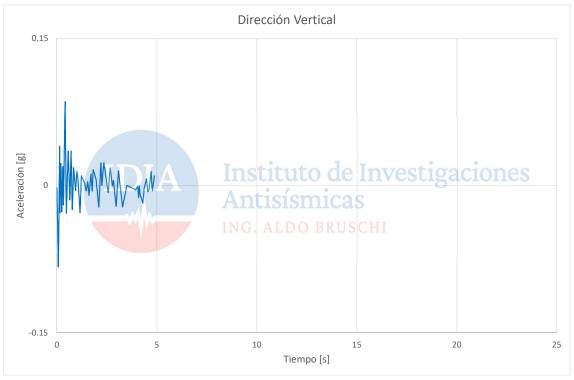


Figura 4: Registro del acelerómetro SMAC B-2 ubicado en el IDIA. Dirección vertical.

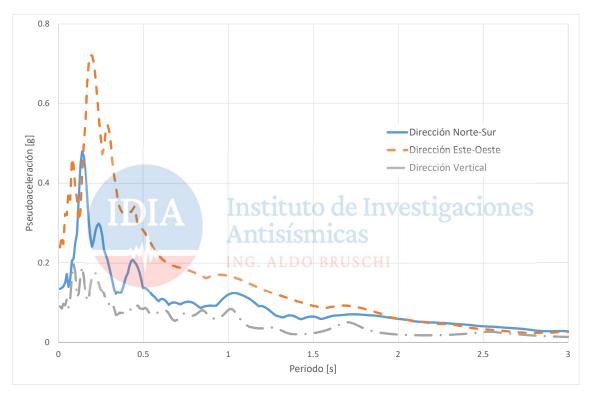


Figura 5: Espectros de respuesta de pseudoaceleración para 5% de amortiguamiento para los registros del acelerómetro SMAC B-2 ubicado en el IDIA.







Figura 6: Simulación de la respuesta del sismoscopio a los registros del acelerómetro SMAC B-2 (en rojo), sobrepuesta sobre el registro real del sismoscopio.

Registro en acelerómetro Terra GSR-12/FB: En la inspección post sismo se constató que este acelerómetro digital triaxial tenía defectos de fijación al bloque de fundación. Se considera que los registros obtenidos con este equipo no son completamente representativos del movimiento del terreno, al menos para las mayores amplitudes, porque se encuentran influidos por el movimiento propio del equipo registrador respecto del terreno. En las figuras 7 a 9 se observan los registros de aceleración obtenidos. La máxima aceleración del terreno se obtuvo en la componente E-O, alcanzando 0,29g. Se estima que este valor ha sido amplificado por el movimiento del equipo y es substancialmente mayor que el valor de aceleración máxima obtenido en el registro del Centro Cívico de la Provincia de San Juan en la misma dirección, que se muestra más adelante, ubicado a 800m del Instituto. Las máximas aceleraciones del terreno registradas en dirección N-S y vertical fueron 0,18g y 0,21g respectivamente.



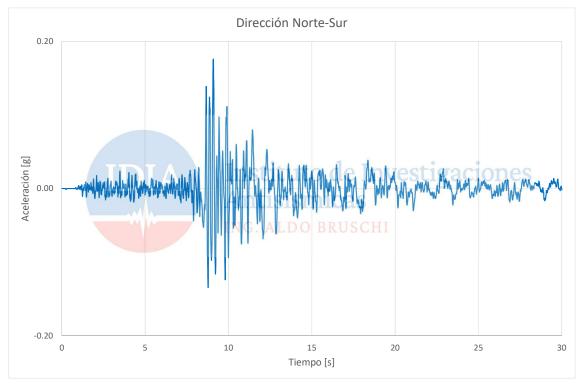


Figura 7: Registro del acelerómetro Terra GSR-12/FB ubicado en el IDIA. Dirección Norte-Sur.

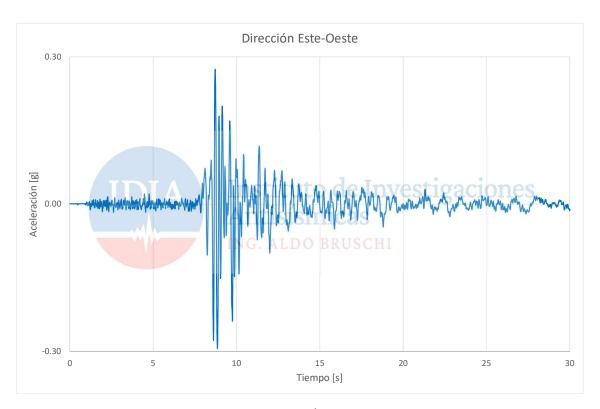


Figura 8: Registro del acelerómetro Terra GSR-12/FB ubicado en el IDIA. Dirección Este-Oeste.





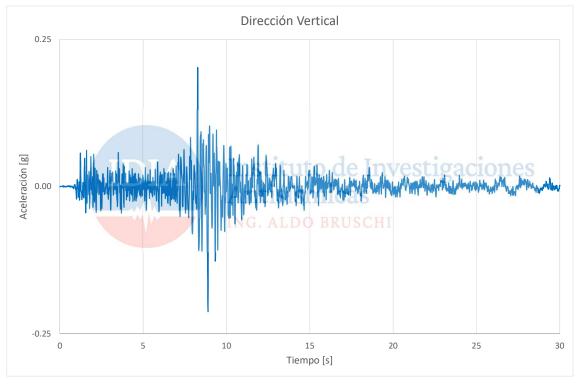


Figura 9: Registro del acelerómetro Terra GSR-12/FB ubicado en el IDIA. Dirección Vertical.

Edificio del Centro Cívico de la ciudad de San Juan

Ubicación: 31°32'12" S, 68°32'16" O

Distancia desde el epicentro informado por INPRES: 53,5 km en dirección Noreste (800 metros al este del IDIA)

Equipos que registraron el sismo:

Acelerómetro digital IDIA AT-24

Registro en acelerómetro IDIA AT-24: En las figuras 10 a 12 se observan los registros de aceleración del terreno obtenidos con el acelerómetro IDIA AT-24, desarrollado en el Instituto de Investigaciones Antisísmicas de la UNSJ, que se encuentra instalado en el segundo subsuelo del Centro Cívico de la ciudad de San Juan. La máxima aceleración del terreno se obtuvo en la componente E-O, alcanzando 0,17g. Las máximas aceleraciones del terreno registradas en dirección N-S y vertical fueron 0,09g y 0,11g respectivamente. En la figura 13 se presentan los espectros de respuesta de pseudoaceleración para 5% de amortiguamiento.





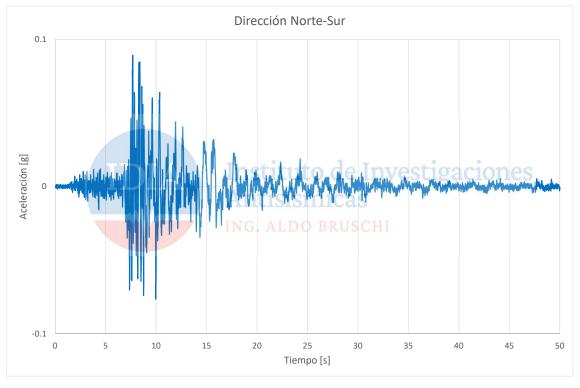


Figura 10: Registro del acelerómetro IDIA AT-24 ubicado en el Centro Cívico de la ciudad de San Juan. Dirección Norte-Sur.

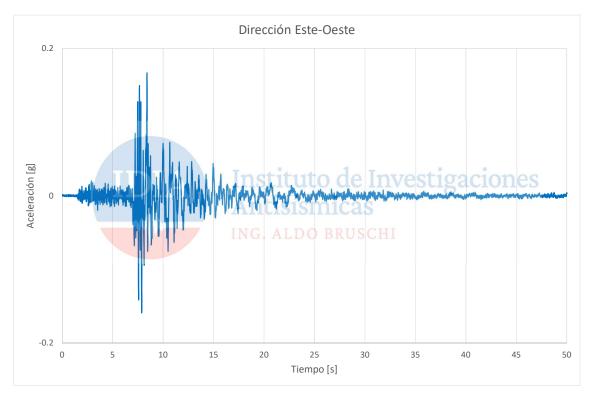


Figura 11: Registro del acelerómetro IDIA AT-24 ubicado en el Centro Cívico de la ciudad de San Juan. Dirección Este-Oeste.





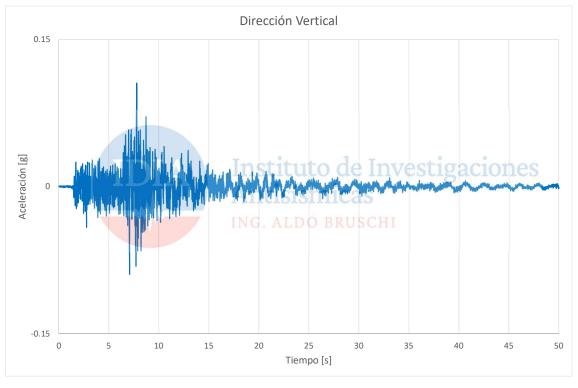


Figura 12: Registro del acelerómetro IDIA AT-24 ubicado en el Centro Cívico de la ciudad de San Juan. Dirección Vertical.

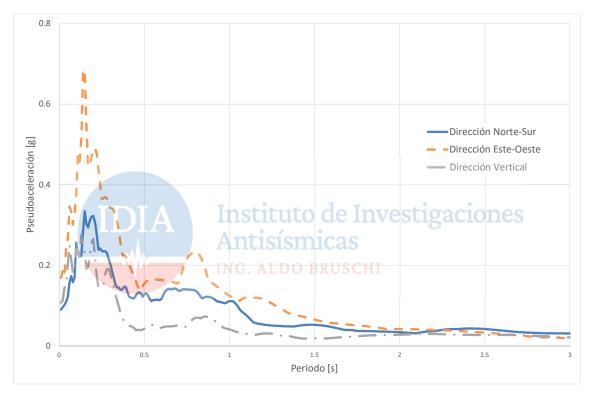


Figura 13: Espectros de respuesta de pseudoaceleración para 5% de amortiguamiento para los registros del acelerómetro IDIA AT-24 ubicado en el Centro Cívico de la ciudad de San Juan.





Presa Punta Negra

Los equipos instalados son parte del sistema de auscultación de la presa que opera la Dirección de Recursos Energéticos de la Provincia de San Juan

Ubicación: 31º31'11" S, 68º49'5" O

Distancia desde el epicentro informado por INPRES: 39 km en dirección Nor-Noreste

Equipos que registraron el sismo:

- Acelerómetro digital GeoSig AC-63 y sismoscopio Wilmot ubicados al pie del talud de aguas abajo de la presa (PP)
- Acelerómetro digital GeoSig AC-63 y sismoscopio Wilmot ubicados en el centro del talud de aguas abajo de la presa (MP)
- Acelerómetro digital GeoSig AC-63 y sismoscopio Wilmot ubicados en el centro del coronamiento de la presa (CC)
- Acelerómetro digital GeoSig AC-63 y sismoscopio Wilmot ubicados sobre el estribo rocoso en la margen izquierda del coronamiento de la presa (MI)
- Acelerómetro digital GeoSig AC-63 y sismoscopio Wilmot ubicados sobre el coronamiento en la margen derecha del coronamiento de la presa (MD)

Registro en sismoscopio Wilmot ubicación PP: En la figura 14 se aprecia la traza, cuya amplitud de 5,8mm es equivalente a una pseudoaceleración de 0,12g. Se puede estimar a partir de este valor una intensidad entre VI y VII en la escala de Mercalli Modificada.





Figura 14: Registro del sismoscopio PP

Registro en acelerómetro GeoSig AC-63 ubicación PP: En las figuras 15 a 17 se observan los registros de aceleración del terreno obtenidos con el acelerómetro GeoSig AC-63 instalado en el pie del talud de aguas debajo de la Presa Punta Negra. La máxima aceleración del terreno se obtuvo en la componente transversal al eje de la presa, alcanzando 0,14g. Las máximas aceleraciones del terreno registradas en dirección longitudinal al eje de la presa y vertical fueron 0,09g y 0,05g respectivamente. En la figura 18 se presentan los espectros de respuesta de pseudoaceleración para 5% de amortiguamiento.

Se calculó en forma computacional la respuesta de un péndulo de dos grados de libertad, con características dinámicas equivalentes a las del sismoscopio Wilmot, a las aceleraciones del terreno registradas por el acelerómetro. En la figura 19 se compara la traza registrada con el sismoscopio Wilmot con la obtenida en forma computacional. Se observa una excelente correspondencia entre ambas trazas.





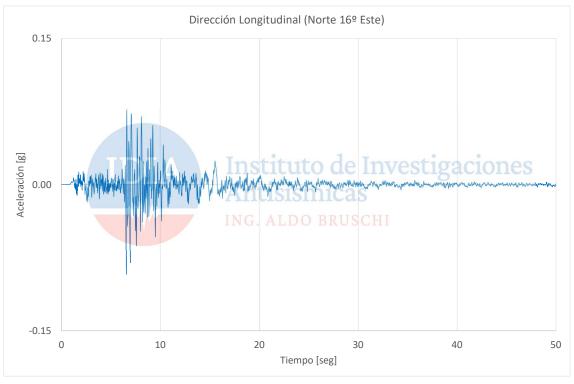


Figura 15: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación PP.

Dirección longitudinal al eje de la presa.

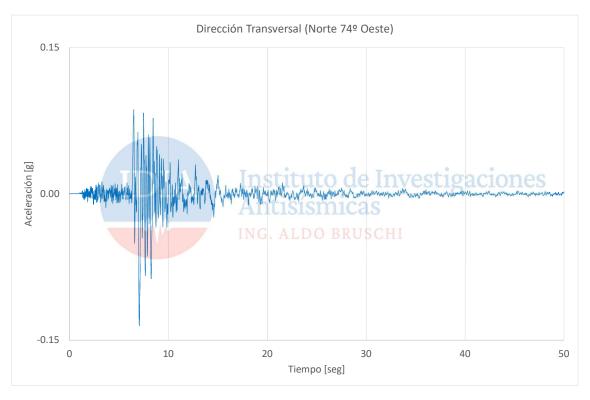


Figura 16: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación PP.

Dirección transversal al eje de la presa.





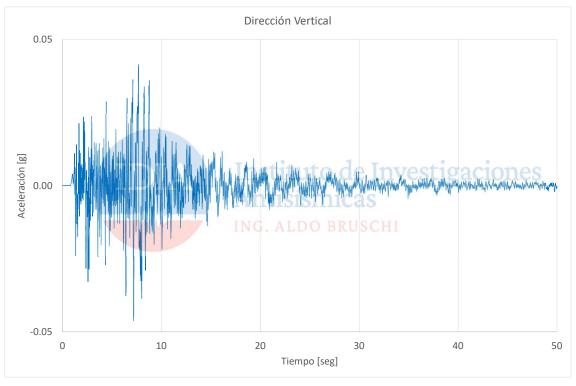


Figura 17: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación PP.

Dirección vertical.

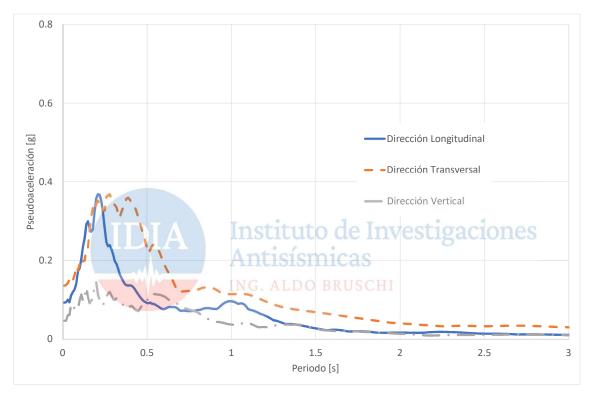


Figura 18: Espectros de respuesta de pseudoaceleración para 5% de amortiguamiento para los registros del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación PP.







Figura 19: Simulación de la respuesta del sismoscopio a los registros del acelerómetro en la ubicación PP (en rojo), sobrepuesta sobre el registro real del sismoscopio en la misma ubicación.

Registro en sismoscopio Wilmot ubicación MP: En la figura 20 se aprecia la traza, cuya amplitud de 15,4mm es equivalente a una pseudoaceleración de 0,32g. Este valor es 2,65 veces mayor que el registrado en la ubicación PP, y se debe a la amplificación del movimiento de la base provocada por la respuesta dinámica propia de la presa.





Figura 20: Registro del sismoscopio MP

Registro en acelerómetro GeoSig AC-63 ubicación MP: En las figuras 21 a 23 se observan los registros de aceleración del terreno obtenidos con el acelerómetro GeoSig AC-63 instalado en el centro del talud de aguas abajo de la Presa Punta Negra. La máxima aceleración del terreno se obtuvo en la componente transversal al eje de la presa, alcanzando 0,25g. Las máximas aceleraciones del terreno registradas en dirección longitudinal al eje de la presa y vertical fueron 0,19g y 0,13g respectivamente.

Se calculó en forma computacional la respuesta de un péndulo de dos grados de libertad, con características dinámicas equivalentes a las del sismoscopio Wilmot, a las aceleraciones del terreno registradas por el acelerómetro. En la figura 24 se compara la traza registrada con el sismoscopio Wilmot con la obtenida en forma computacional. Se observa una excelente correspondencia entre ambas trazas.





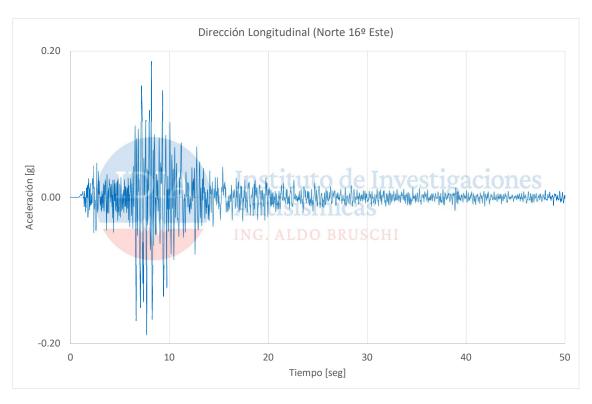


Figura 21: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación MP.

Dirección longitudinal al eje de la presa.

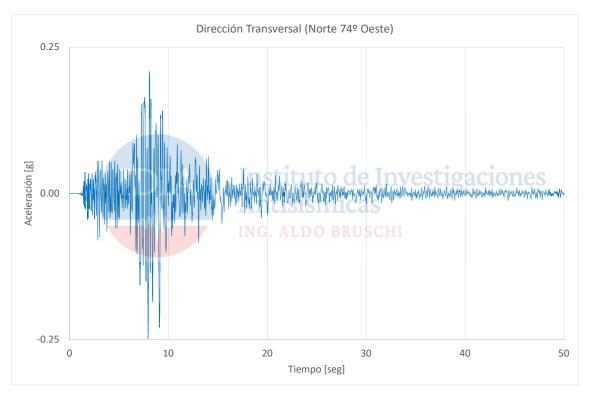


Figura 22: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación MP.

Dirección transversal al eje de la presa.



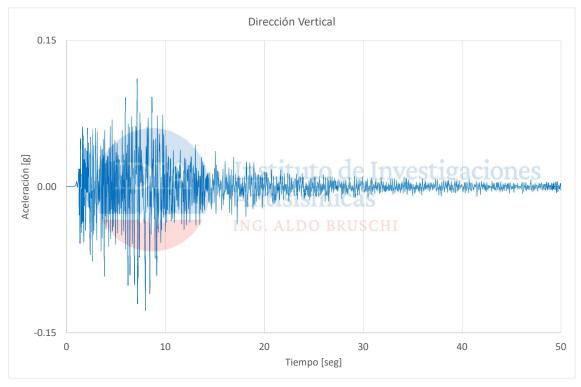


Figura 23: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación MP.

Dirección vertical.

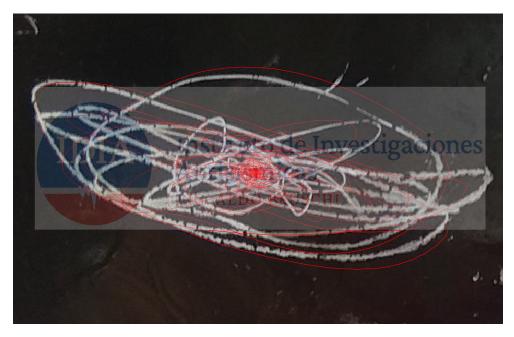


Figura 24: Simulación de la respuesta del sismoscopio a los registros del acelerómetro en la ubicación MP (en rojo), sobrepuesta sobre el registro real del sismoscopio en la misma ubicación.





Registro en sismoscopio Wilmot ubicación MI: En la figura 25 se aprecia la traza, cuya amplitud de 6,1mm es equivalente a una pseudoaceleración de 0,13g. Este valor es similar al registrado en la ubicación PP, y se debe a que la ubicación MI se encuentra sobre el estribo de roca de la margen izquierda, por lo cual no existen grandes amplificaciones por la respuesta dinámica de la presa. . Se puede estimar a partir de este valor una intensidad entre VI y VII en la escala de Mercalli Modificada.



Figura 25: Registro del sismoscopio MI

Registro en acelerómetro GeoSig AC-63 ubicación MI: En las figuras 26 a 28 se observan los registros de aceleración del terreno obtenidos con el acelerómetro GeoSig AC-63 instalado en la margen izquierda de la Presa Punta Negra. La máxima aceleración del terreno se obtuvo en la componente transversal al eje de la presa, alcanzando 0,24g. Las máximas aceleraciones del terreno registradas en dirección longitudinal al eje de la presa y vertical fueron 0,14g y 0,07g respectivamente.

Se calculó en forma computacional la respuesta de un péndulo de dos grados de libertad, con características dinámicas equivalentes a las del sismoscopio Wilmot, a las aceleraciones del terreno registradas por el acelerómetro. En la figura 29 se compara la traza registrada con el





sismoscopio Wilmot con la obtenida en forma computacional. Se observa una excelente correspondencia entre ambas trazas.

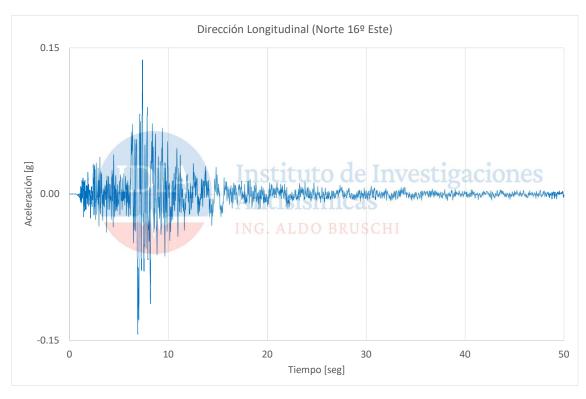


Figura 26: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación MI. Dirección longitudinal al eje de la presa.

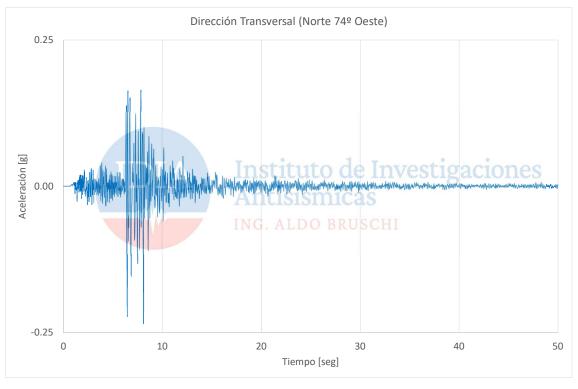


Figura 27: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación MI. Dirección transversal al eje de la presa.





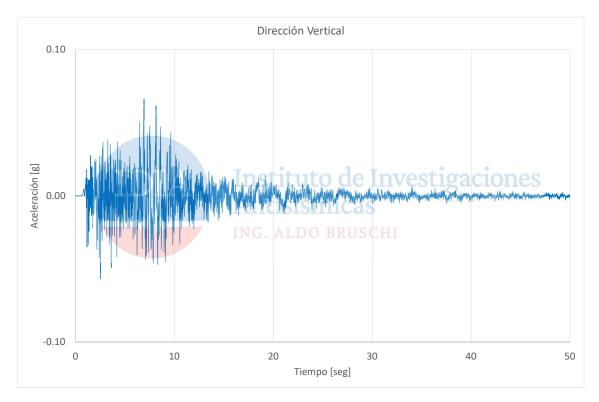


Figura 28: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación MI.

Dirección vertical.



Figura 29: Simulación de la respuesta del sismoscopio a los registros del acelerómetro en la ubicación MI (en rojo), sobrepuesta sobre el registro real del sismoscopio en la misma ubicación.





Registro en sismoscopio Wilmot ubicación MD: En la figura 30 se aprecia la traza, cuya amplitud de 19,6mm es equivalente a una pseudoaceleración de 0,41g. Este valor es 3,38 veces mayor que el registrado en la ubicación PP, y se debe a la amplificación del movimiento de la base provocada por la respuesta dinámica propia de la presa.

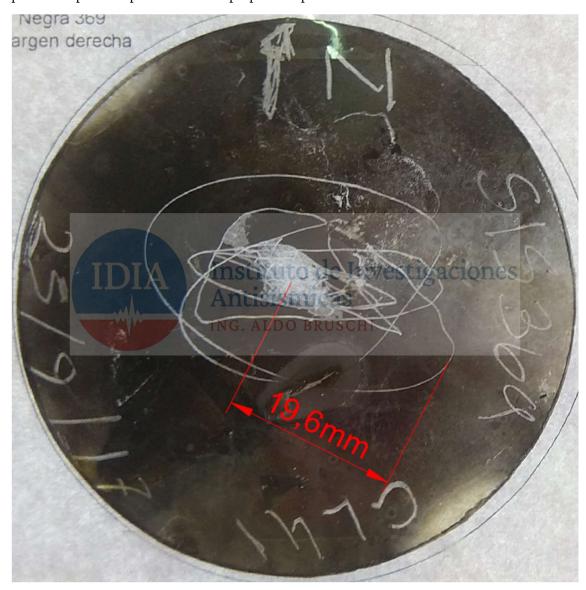


Figura 30: Registro del sismoscopio MD

Registro en acelerómetro GeoSig AC-63 ubicación MD: En las figuras 31 a 33 se observan los registros de aceleración del terreno obtenidos con el acelerómetro GeoSig AC-63 instalado en la margen derecha de la Presa Punta Negra. La máxima aceleración del terreno se obtuvo en la componente longitudinal al eje de la presa, alcanzando 0,45g. Las máximas aceleraciones del terreno registradas en dirección transversal al eje de la presa y vertical fueron 0,43g y 0,34g respectivamente.

Se calculó en forma computacional la respuesta de un péndulo de dos grados de libertad, con características dinámicas equivalentes a las del sismoscopio Wilmot, a las aceleraciones del terreno registradas por el acelerómetro. En la figura 34 se compara la traza registrada con el sismoscopio Wilmot con la obtenida en forma computacional. Se observa una excelente correspondencia entre ambas trazas.





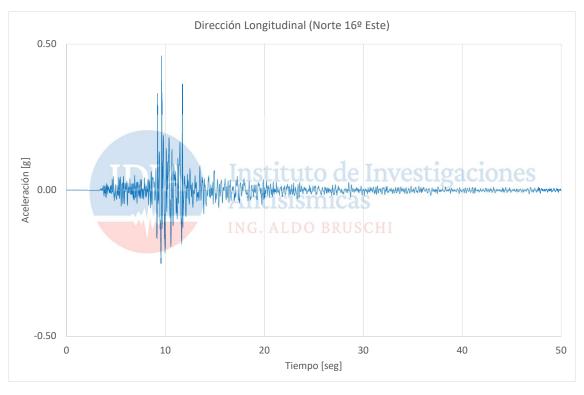


Figura 31: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación MD.

Dirección longitudinal al eje de la presa.

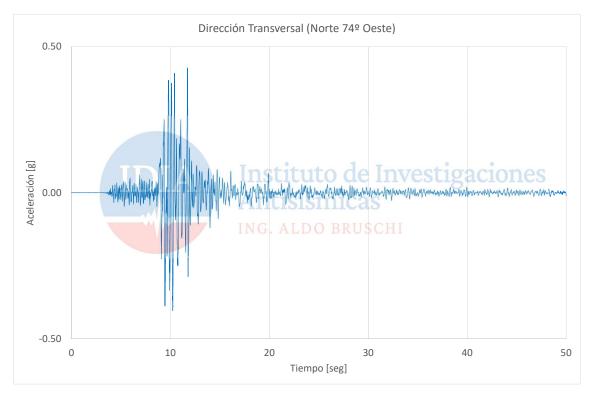


Figura 32: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación MD.

Dirección transversal al eje de la presa.



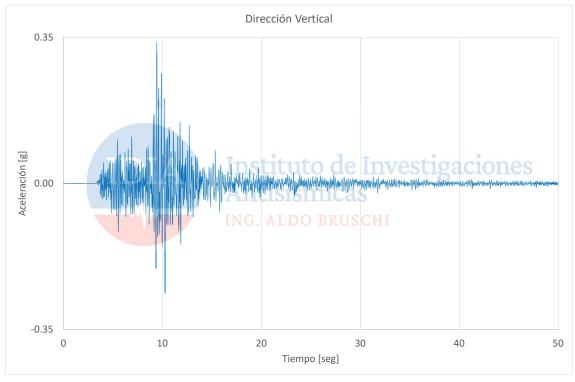


Figura 33: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación MD.

Dirección vertical.

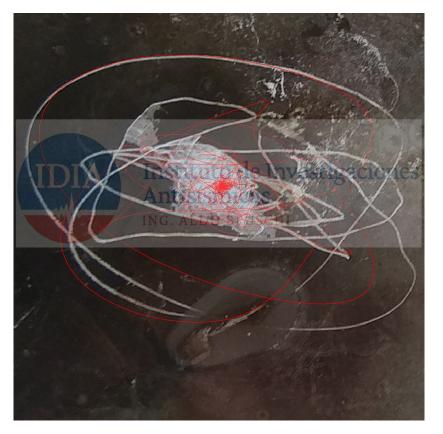


Figura 34: Simulación de la respuesta del sismoscopio a los registros del acelerómetro en la ubicación MD (en rojo), sobrepuesta sobre el registro real del sismoscopio en la misma ubicación.



Registro en sismoscopio Wilmot ubicación CC: En la figura 35 se aprecia la traza, cuya amplitud de 25,8mm es equivalente a una pseudoaceleración de 0,54g. Este valor es 4,45 veces mayor que el registrado en la ubicación PP, y se debe a la amplificación del movimiento de la base provocada por la respuesta dinámica propia de la presa, que es más notable en la zona central del coronamiento que en el resto de la presa.



Figura 35: Registro del sismoscopio CC

Registro en acelerómetro GeoSig AC-63 ubicación CC: En las figuras 36 a 38 se observan los registros de aceleración del terreno obtenidos con el acelerómetro GeoSig AC-63 instalado en el centro del coronamiento de la Presa Punta Negra. La máxima aceleración del terreno se obtuvo en la componente transversal al eje de la presa, alcanzando 0,47g. Las máximas aceleraciones del terreno registradas en dirección longitudinal al eje de la presa y vertical fueron 0,27g y 0,28g respectivamente.

Se calculó en forma computacional la respuesta de un péndulo de dos grados de libertad, con características dinámicas equivalentes a las del sismoscopio Wilmot, a las aceleraciones del terreno registradas por el acelerómetro. En la figura 39 se compara la traza registrada con el sismoscopio Wilmot con la obtenida en forma computacional. Se observa una muy buena correspondencia entre ambas trazas.





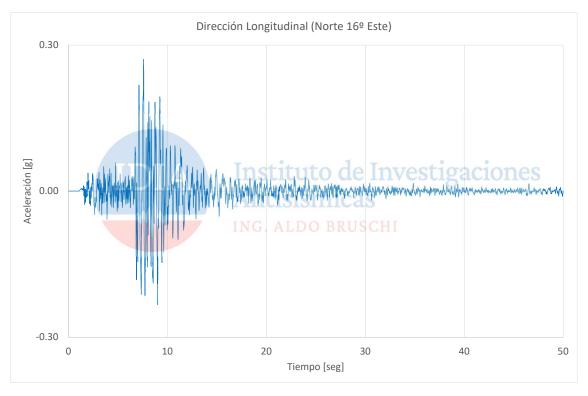


Figura 36: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación CC. Dirección longitudinal al eje de la presa.

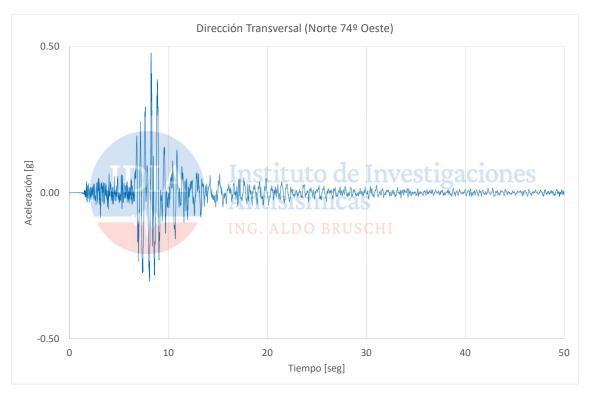


Figura 37: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación CC.

Dirección transversal al eje de la presa.



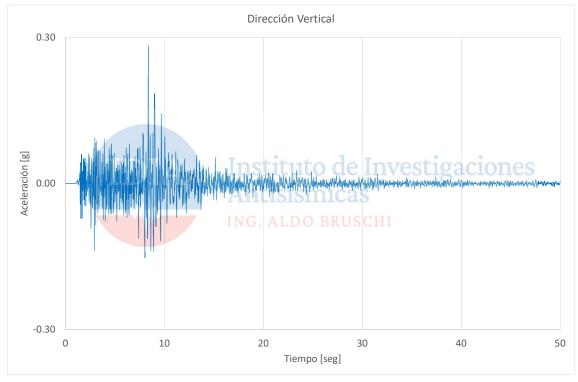


Figura 38: Registro del acelerómetro GeoSig AC-63 en la presa Punta Negra ubicación CC.

Dirección vertical.



Figura 39: Simulación de la respuesta del sismoscopio a los registros del acelerómetro en la ubicación CC (en rojo), sobrepuesta sobre el registro real del sismoscopio en la misma ubicación.





Presa Los Caracoles

Los equipos instalados son parte del sistema de auscultación de la presa que opera la Dirección de Recursos Energéticos de la Provincia de San Juan.

Ubicación: 31°31'11" S, 68°58'54" O

Distancia desde el epicentro informado por INPRES: 37 km en dirección Norte (15,5 km al Oeste de la presa Punta Negra)

Equipos que registraron el sismo:

- Sismoscopio Wilmot ubicado en la galería del estribo de margen derecha (MD)
- Sismoscopio Wilmot ubicado en el centro del talud de aguas abajo de la presa (MP)
- Sismoscopio Wilmot ubicado en el centro del coronamiento de la presa (CC)

En las figuras 40 a 42 se aprecian las trazas de los tres sismoscopios. La amplitud de la traza en el sismosopio MD es de 3,0mm, equivalente a una pseudoaceleración de 0,07g. Por su ubicación, este sismoscopio no sufrió grandes amplificaciones por la respuesta dinámica de la presa. Se puede estimar a partir de su registro una intensidad VI en la escala de Mercalli Modificada. La amplitud de la traza registrada en el sismoscopio MP es de 8,8mm, equivalente a una pseudoaceleración de 0,19g. Finalmente, la amplitud de la traza registrada en el sismoscopio CC es de 23,6mm, equivalente a una pseudoaceleración de 0,58g.



Figura 40: Registro del sismoscopio MD





Figura 41: Registro del sismoscopio MP



Figura 42: Registro del sismoscopio CC





Conclusiones

Se han obtenido 7 registros de aceleración en diferentes ubicaciones de la Provincia de San Juan, las distancias a la ruptura en todos los casos son mayores de 40 km.

Las presas Caracoles y Punta Negra han sido sometidas a movimientos con bajas aceleraciones que no generaron daños ni deformaciones importantes.

Son notables las amplificaciones observadas en la Presa Punta Negra entre los valores de aceleración en el coronamiento y en el pie. En dirección transversal a la presa, la amplificación para la aceleración máxima es de 0.47g/0.14g=3.35.

Se ha podido simular con precisión la respuesta de los sismoscopios instalados en diferentes ubicaciones permitiendo la estimación de intensidades Mercalli y brindando confiabilidad a los registros de aceleración obtenidos en el mismo punto. La siguiente tabla resume los valores máximos de aceleración registrada e intensidad sísmica asociada a los sismoscopios.

Se han obtenido registros con el acelerómetro IDIA AT-24, desarrollado en el Instituto de Investigaciones Antisísmicas y en operación desde 2018, que se encuentra instalado en el segundo subsuelo del Centro Cívico.

Máximas aceleraciones e intensidades

Ubicación	Distancia	Máxima	Intensidad
	[km]	aceleración	de Mercalli
		[g]	Modificada
Edificio del IDIA	53	0,22	VII
Edificio del Centro Cívico	54	0,17	1
Presa Punta Negra (pie de presa)	39	0,14	VI a VII
Presa Punta Negra (margen izquierda, roca)	39	0,24	VI a VII
Presa Los Caracoles (margen derecha, roca)	37	-	VI