

# INTERNATIONAL SOCIETY FOR SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING



*This paper was downloaded from the Online Library of the International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). The library is available here:*

<https://www.issmge.org/publications/online-library>

*This is an open-access database that archives thousands of papers published under the Auspices of the ISSMGE and maintained by the Innovation and Development Committee of ISSMGE.*

# **Influence of the seismic sources, direction and topography of seismic events registered by the seismic networks of Medellín (RAM) and Valle del Aburra (RAVA)**

Daniel Felipe Ruiz Restrepo  
Ingeniero Civil - Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia

Manuel Roberto Villarraga Herrera  
Profesor Asistente - Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Medellín, Colombia



## **RESUMEN**

La ciudad de Medellín y el Valle del Aburra, como parte de sus proyectos de microzonificación sísmica, ha instalado redes acelerográficas compuestas por equipos de medición tridimensional. Los equipos de las redes se localizaron con el objeto de identificar los efectos locales en el Valle de Aburrá, considerando que se pueden presentar de forma simultánea efectos de amplificación por el suelo y geométrico.

La Ciudad de Medellín ha obtenido registros sísmicos durante 14 años y el Valle de Aburrá durante dos años. Las sismofuentes en donde se originaron la mayoría de sismos registrados son las sismofuentes de Murindó, Nido de Bucaramanga y Viejo Caldas.

En este trabajo se analizó la influencia de las sismofuentes, la direccionalidad de los sismos y la topografía en los sismos registrados por la Red Acelerográfica de Medellín (RAM) y la Red Acelerográfica del Valle de Aburrá (RAVA). Los resultados diferencian tres tipos de zonas; en primer lugar, zonas donde las intensidades de las componentes horizontales de los sismos son iguales y se pueden asociar al efecto de la amplificación local del perfil de suelo; en segundo lugar, zonas donde la amplificación no muestra un patrón determinado y por último, zonas con un efectos topográficos marcados, especialmente en la ladera oriental del Valle de Aburra, donde la mayor intensidad es paralela a la dirección de los taludes.

Palabras claves: Microzonificación, red de acelerógrafos, efectos locales, efectos geométricos

## **ABSTRACT**

The city of Medellín and the Aburra Valley (Valle del Aburra), as part of microzonification projects, has installed seismic networks composed by three-directional accelerographs. The network equipment is located in order to identify local effects in the Aburrá Valley, considering that may occur simultaneously amplification effects of the soil and geometric. The seismic sources which released the largest number of earthquakes were the Murindó, Nido de Bucaramanga and Viejo Caldas seismic sources.

This paper analyzed the influence of the direction, seismic source, and topography in the events registered by the Accelerographic Network of Medellín (RAM) and the accelerographic network of Aburrá Valley (RAVA).

According to the results, there are three types of zones; first, areas where the intensities of the horizontal components of earthquakes are the same and can be associated with local amplification effect of the soil profile; second, areas where amplification no shows a pattern and finally, areas with marked topographic effects, especially on the eastern slope of the Aburrá Valley, where most current is parallel to the direction of the slopes

Key words: Microzonation, Accelerographs network, local effects, geometric effects

## **1 HISTORIA DE LA INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA EN MEDELLÍN Y EL VALLE DE ABURRA**

La instrumentación sísmica de la ciudad de Medellín se inició como parte de los estudios de Microzonificación sísmica desde 1996. Para esa época Medellín era la ciudad mejor instrumentada en Colombia y la segunda en América Latina después de Ciudad de México. Como resultado de esta instrumentación se tienen grandes volúmenes de información que ha sido usada para ajustar y verificar los análisis realizados para definir la microzonificación sísmica de la ciudad.

Para el inicio de la década de los 90, más precisamente en el año 1992, se contaba con solo tres estaciones de registros sísmicos ubicadas en la Facultad de Minas de La Universidad Nacional, en el Centro Profesional El Poblado (perteneciente a la firma Fundar Ltda) y en la sede de ISA, también en el sector de El Poblado (Henao, Puertas y Pardo 1993).

La Red Acelerográfica de Medellín (RAM), fue puesta en marcha en el año 1996 y se mantiene en la actualidad, está conformada por 23 estaciones independientes distribuidas en el área urbana de la ciudad y localizadas con base en criterios topográficos, geotécnicos y geológicos. Esta actividad hizo parte del

proyecto de INSTRUMENTACIÓN Y MICRO ZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL ÁREA URBANA DE MEDELLÍN, realizada por el Grupo de Sismología de Medellín para el Municipio de Medellín en el año 1999 (GSM 1999).

Con la conciencia de la prevención y la integración de esta cultura para toda el Área Metropolitana, se planteó la instalación y operación de una red acelerográfica para el Valle de Aburra que complementara la red ya instalada en Medellín y fuera la base para las microzonificaciones sísmicas de los municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburra.

En una primera etapa, terminada en 2002, se diseñó la Red Acelerográfica del Valle de Aburra, RAVA, que estaría conformada por 20 acelerógrafos distribuidos en todos los municipios del Valle de y se instalaron dos equipos ETNA, de la serie ALTUS. El primero en el municipio de Itagüí que continúa en operación. El segundo instalado en el municipio de Bello en el Hospital Marco Fidel Suarez, está fuera de servicio. Posteriormente en el año 2007 fueron instalados 9 equipos adicionales.

## 2 INSTRUMENTACIÓN SÍSMICA DE AMÉRICA LATINA – MEDELLÍN Y EL VALLE DE ABURRA EN AVANCE A LA PREVENCIÓN.

Después del sismo de Murindó en el año 1992, el cual produjo daños por más de 30 millones de dólares, la administración de Medellín y el Valle de Aburra han implementado y mantienen la Red Acelerográfica de Medellín RAM, la Red Acelerográfica del Valle de Aburra –RAVA.

En la

Figura 1 se compara la cantidad de equipos instalados en las algunas redes sísmicas de ciudades y países de Sudamérica y América Latina. Teniendo en cuenta parámetros como poder adquisitivo, necesidad de redes sísmicas, territorio y diversidad geológica, no es comparable el nivel de instrumentación en los diferentes países y ciudades; sin embargo, se observa que las redes RAM y RAVA presentan una cantidad importante de instrumentos, acorde con la diversidad geológica – geotécnica del Valle de Aburra.

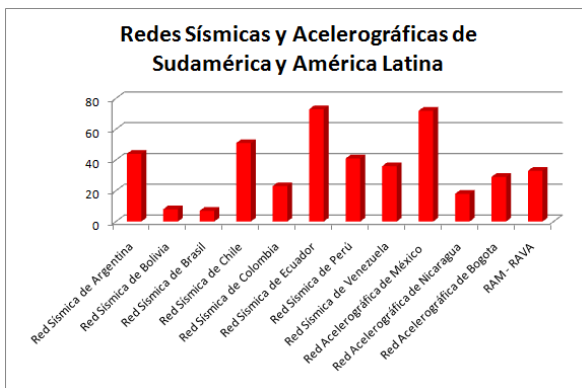


Figura 1. Redes sísmicas y Acelerográficas en países y ciudades de Sudamérica y América Latina

## 3 TRATAMIENTO DE LAS SEÑALES Y ESPECTROS.

Los registros obtenidos por las redes acelerográficas de Medellín y el Valle del Aburra se presenta en términos de la historia de aceleraciones en cada una de las componentes tridimensionales del sismo. Estas historias fueron depuradas y sometidas a correcciones por línea base y para cada una de ellas se obtuvieron utilizando el Programa DEGTRA, desarrollado por el Dr. Mario Ordaz (Universidad Autónoma de México), los espectros de respuesta de aceleración, el espectro de Fourier y la Energía Elástica de acuerdo con la metodología propuesta por Ordaz, Huerta y Reinos, 2002, quienes plantean que la energía por unidad de masa (El/m) se obtiene de la integral de la historia de aceleraciones (a(t)) sobre los desplazamientos relativos de la masa respecto a la base.

$$\frac{El}{m} = \int_{-\alpha}^{\alpha} a(t) dx \quad [1]$$

]

Teniendo en cuenta que dx se puede expresar como la velocidad por el diferencial de tiempo, y representando en términos del espectro de Fourier del movimiento, se llega a la expresión para el cálculo de la energía elástica del sistema de un grado de libertad:

$$\frac{El}{m} = -\frac{1}{2\pi} \int_{-\alpha}^{\alpha} A(\omega)^2 H v(\omega; \Omega, \xi) dx \quad [2]$$

Donde  $Hv$  es la función de transferencia del oscilador and  $A(\omega)$  es el Espectro de Amplitudes de Fourier del movimiento en la base de sistema.

En conclusión, la energía elástica aplicada a un sistema de un grado de libertad es una medida de la intensidad del sismo que abre las puertas a la relación entre este valor de intensidad y parámetros tales como magnitud y distancia focal del evento sísmico.

## 4 SISMOFUENTES Y DIRECCIONALIDAD DE LOS EVENTOS SISMICOS REGISTRADOS POR LA RAM Y LA RAVA

Las sismofuentes y la dirección de los eventos sísmicos son factores importantes en las características de los efectos locales. Además de la dirección del vector del movimiento del sismo, son importantes características como la profundidad focal y el mecanismo de falla del sismo.

Como resultado de la compilación de los eventos sísmicos registrados en la RAM y la RAVA, se encontró que las sismofuentes que más aportan a la sismicidad son: Murindó, Nido de Bucaramanga y Viejo Caldas, las cuales se describen a continuación. Además se reportan

sismos con origen en La Guajira, Cundinamarca, Bolívar, Cesar y el Bordo Llanero.

#### 4.1 Sismofuente de Murindó:

Esta zona se encuentra entre las coordenadas 6.5° y 8.1° latitud norte y 77.3° y 76.3° longitud oeste aproximadamente. (GSM 1999) Ver Figura 2.

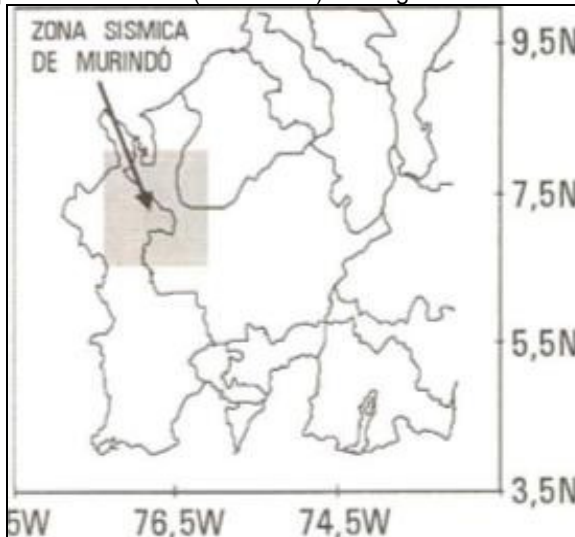


Figura 2. Localización de la zona sísmica de Murindó (GSM 1999)

Los sismos generados en esta zona siguen una dirección W – E y NW – SE hacia la ciudad de Medellín y el Valle de Aburra.

La actividad sísmica generada en esta zona está asociada al choque de la microplaca Panamá contra el Bloque Andino en el límite Colombo - Panameño, con la subducción de la placa Nazca bajo Colombia y con alguna fallas geológicas activas que son el resultado del importante régimen compresivo de la región. (GSM 1999).

#### 4.2 Zona Sísmica Nido de Bucaramanga:

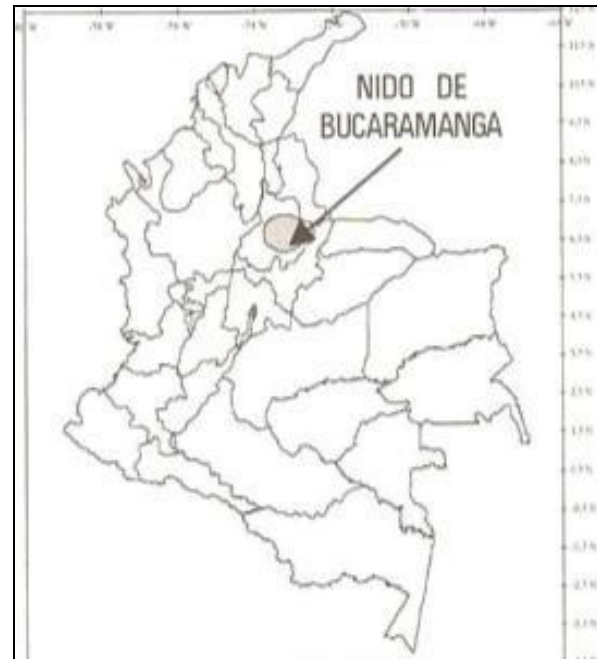


Figura 3. Localización de la zona sísmica Nido de Bucaramanga (GSM 1999)

Ubicada debajo de la Cordillera Oriental, en los Andes Colombianos. El Nido se localiza aproximadamente entre latitud 6° N y 7.5° N y longitud 72.5°W y 73.5°W, como se observa en la Figura 3, con profundidades focales entre 120 y 160 Km. (GSM 1999).

Su nombre "Nido", se debe a la gran cantidad de eventos sísmicos concentrados en un área muy pequeña, se reportan más de 1000 eventos en promedio por año.

Los sismos generados en esta zona poseen una dirección E – W hacia la ciudad de Medellín y el Valle de Aburra.

Por la combinación de sus características (profundidad, magnitudes relativamente bajas) y su distancia a Medellín y el Valle de Aburra, esta sismofuente no representa una amenaza importante para la ciudad. Sin embargo, representa un alto porcentaje de los eventos registrados por la RAM y la RAVA.

#### 4.3 Zona Sísmica Del Viejo Caldas:

En la zona del Viejo Caldas se produce una alta actividad sísmica con profundidades desde superficiales a profundas (35-150 Km), relacionada con el proceso de subducción de la placa Nazca bajo Colombia y a la sismicidad superficial asociada con las fallas activas del sistema Romeral. (GSM 1999)

La sismofuente del Viejo Caldas se localiza aproximadamente entre las coordenadas 3.5° y 5.5° Norte y 75.5° y 77° Oeste (Ver Figura 8).(GSM 1999).



Figura 4. Localización de la zona sísmica del Viejo Caldas (GSM 1999)

Los sismos generados en esta sismofuente, tiene una dirección S – N hacia la ciudad de Medellín y el Valle de Aburra.

Basados en los reportes instrumentales de las redes RAM, RAVA y RSNC (Red Sísmica Nacional de Colombia), la actividad en el Viejo Caldas y Murindó presentan variaciones en el tiempo, mientras que la actividad de la zona sísmica del Nido de Bucaramanga permanece relativamente constante.

## 5 EFECTOS LOCALES

### 5.1 Amplificación por Estratigrafía

El suelo produce básicamente dos efectos sobre la onda sísmica, de un lado el sismo se vuelve más armónico debido a que la energía del sismo en roca, que viene distribuida en diferentes frecuencias, se concentra en las frecuencias naturales de vibración del perfil de suelo, y produce un filtrado de las frecuencias diferentes a las del suelo. Si la frecuencia natural de vibración del perfil de suelo es similar a la frecuencia dominante del tren de ondas y si la duración de la señal es lo suficientemente larga, se puede presentar el fenómeno de resonancia del suelo. (Henao, Puertas y Pardo 1993).

Por otro lado se produce una variación de la aceleración máxima del sismo en roca.

### 5.2 Efectos Geométricos

Las variaciones topográficas tanto superficiales como en profundidad, producen reflexiones y refracciones sucesivas del tren de ondas y la generación de ondas de superficie, que dan origen a lugares donde se atenúan las ondas y lugares donde se concentran y se producen amplificaciones.

## 6 RED ACELEROGRÁFICA DE MEDELLÍN (RAM) Y RED ACELEROGRÁFICA DEL VALLE DE ABURRA (RAVA)

### 6.1 Ubicación de los equipos de las redes RAM y RAVA

Los equipos de las redes acelerográficas RAM y RAVA se distribuyeron de acuerdo con las condiciones topográfica, geológicas y geotécnicas de la ciudad de Medellín y el ÁREA Metropolitana del Valle de Aburra. Los equipos fueron instalados en zonas ubicadas en campo libre, separadas de edificaciones y obras de infraestructura, y se orientaron de forma que las componentes estuvieran direccionadas hacia los ejes geográficos reales N-S, Vertical y E-W.

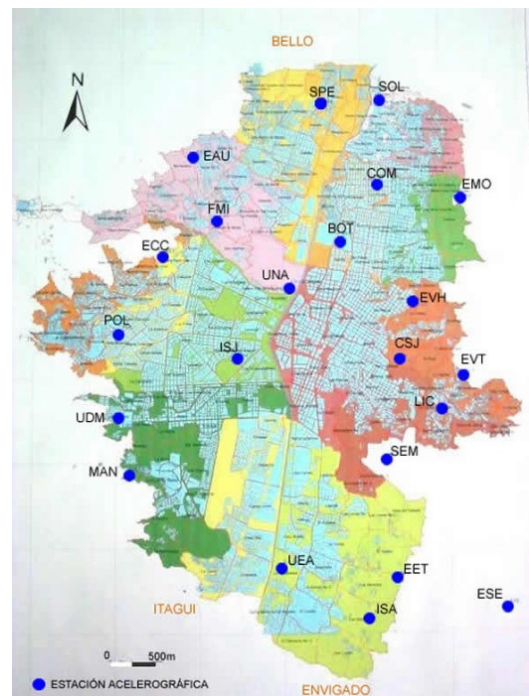


Figura 5. Localización de las estaciones de la Red Acelerográfica de Medellín RAM

En la en la Figura 5 se muestra la localización de las estaciones de la RAM en la ciudad de Medellín y la denominación de las 23 estaciones que la componen en la Tabla 1; igualmente en la

Figura 6 se muestran las 10 estaciones actuales de la RAVA y en la Tabla 2 el nombre y código de las mismas.

Tabla 1. Estaciones RAM

Estación	Código
Colegio Padre Manyanet	MAN
Universidad de Medellín	UDM

Fundación Amigo Policía	POL
Fundación Amigo Policía - Prof	POL p
Centro de Control EPM	ECC
Facultad de Minas	FMI
Tanque de Aures EPM	EAU
Inspección San Joaquín	ISJ
Universidad Nacional	UNA
Sena Pedregal	SPE
Fundación Solidaridad por Cololombia	SOL
Comfama de Aranjuez	COM
Santa Elena EPM	ESE
Planta La Montaña	EMO
Planta Villa Hermosa	EVH
Colegio San José	CSJ
Tanque Santa Elena EPM	EVT
Liceo Universidad de Medellín	LIC
Seminario Mayor	SEM
Tanque El Tesoro EPM	EET
Tanque El Tesoro EPM - Prof	EET p
ISA	ISA
Universidad EAFIT	UEA
Jardín Botánico	BOT

Girardota	GIR
La Tasajera	TAS
Barbosa	BAR

### 6.2 Equipos de la Red Acelerográfica de Medellín RAM y de la Red Acelerográfica del Valle de Aburra RAVA

La RAM está conformada por acelerógrafos K2 de la serie ALTUS, acelerógrafos ETNA de la marca KINEMATRICS, con un registro de aceleración máxima de  $\pm 2g$ s y una precisión 0.015 gales. En la actualidad algunos equipos de la RAM se están reemplazando con equipos de última generación (CUSP-3C).

La RAVA está compuesta por 9 acelerógrafos tipo CUSP-3C marca Canterbury Seismic Instruments de Christchurch, de Nueva Zelanda, con un registro de aceleración máxima de  $\pm 3g$ s y una precisión de 0.006 gales, y un equipo Kinemetrics igual a los de la RAM.

### 6.3 Información registrada por la red RAM

En total se registraron 86 eventos sísmicos, se descartaron aquellos que no son reportados por la Red Sísmica Nacional de Colombia RSNC. Es importante tener en cuenta que la cantidad de sismos registrados varían en el tiempo por los cambios en los umbrales de disparo de los equipos.

A continuación se muestra la distribución por año y por sismofuente (Ver Figura 7 y Figura 8).

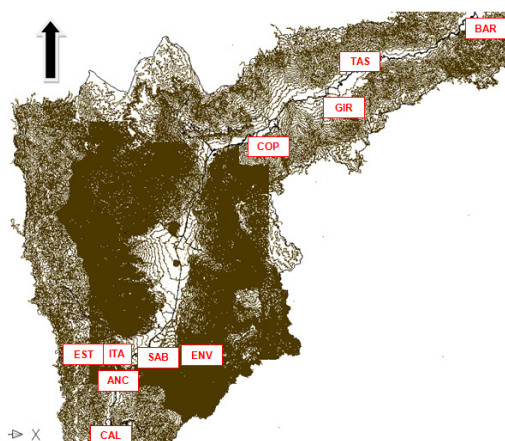


Figura 7. Distribución de eventos en años de registro.

Figura 6. Localización de las estaciones de la Red Acelerográfica del Valle de Aburra RAVA

Tabla 2. Estaciones RAVA

Estación	Código
Caldas	CAL
La Estrella	EST
El Ancón Sur	ANC
Sabaneta	SAB
Itagüí	ITA
Envigado	ENV
Copacabana	COP

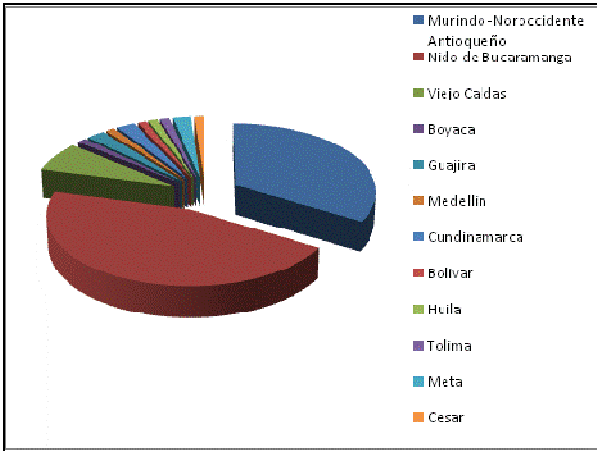


Figura 8. Porcentaje de sismos Vs Sismo Fuente

Las tres sismofuentes mas importantes, Murindó, Nido de Bucaramanga y Viejo Caldas tienen porcentajes del 33.7%, 45.3% y 7% respectivamente. Las demás sismofuentes reportadas representan un 2%.

#### 6.4 Información registrada por la red RAVA

De la misma forma, en la RAVA el mayor número de los sismos registrados proviene de las sismofuentes Murindó, Nido de Bucaramanga y Viejo Caldas, sin embargo se reportan sismo con origen en Cundinamarca, Meta y Cesar.

En total se reportan 11 eventos sísmicos, descartando aquellos que no son registrados por la Red Sísmica Nacional de Colombia RSNC. De la misma forma que en el caso anterior, se presenta variación en la cantidad de sismos por año los cambios en el umbral de disparo.

A continuación se muestra la distribución por año y por sismo fuente (Ver Figura 7 y Figura 8).

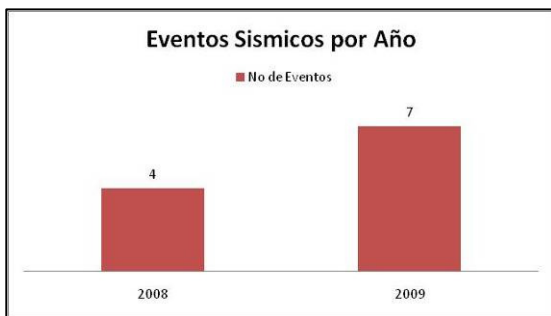


Figura 9. Distribución de eventos en años de registro.

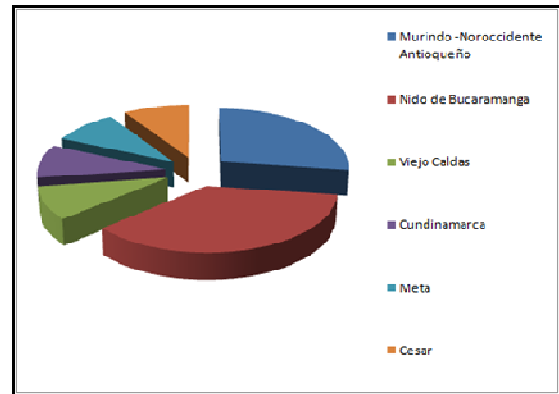


Figura 10. Porcentaje de sismos Vs Sismo Fuente

Los porcentajes de sismos generados por las sismofuentes Murindó, Nido de Bucaramanga y Viejo Caldas son del 27,3%, 36.4% y 9% respectivamente, las demás sismofuentes representa el 9%.

## 7 TRATAMIENTO DE SEÑALES RAM (RED ACELEROGRÁFICA DE MEDELLÍN) Y RAVA (RED ACELEROGRAFICA DEL VALLE DE ABURRA)

El tratamiento en ejes reales de los eventos registrados por la Red Acelerográfica de Medellín RAM y la Red Acelerográfica del Valle de Aburra RAVA, se ilustra con el siguiente diagrama

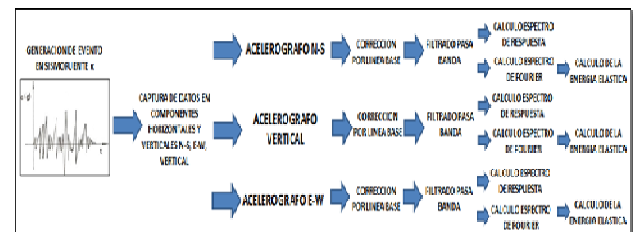


Figura 11. Proceso de manejo de datos RAM y RAVA

Es importante tener en cuenta que el porcentaje de amortiguamiento utilizado para el cálculo del espectro de respuesta es del 5%.

## 8 ANÁLISIS DE LOS REGISTROS

Se analizó el efecto del origen de los sismos, la direccionalidad y la intensidad en los efectos locales, expresados en términos de la aceleración pico registrada en cada una de las componentes del sismo y de la energía elástica

### 8.1 Red Acelerográfica de Medellín. RAM

#### Dirección de intensidades máximas en las estaciones RAM - Aceleraciones Pico

El objeto de este análisis es determinar si la aceleración pico, como medida de intensidad, se ve influenciado por la direccionalidad del sismo, la topografía o el tipo de

suelo sobre el cual se encuentran las estaciones analizadas.

Para estudiar la dirección de intensidades del evento en términos comparables se normalizó la aceleración pico de cada una de las componentes por la mayor aceleración y se expresó en porcentaje.

Las aceleraciones ortogonales medidas por los equipos son:

$a_{(N-S)}$ : Aceleración Pico medida en el sentido Norte - Sur

$a_{(E-W)}$ : Aceleración Pico medida en el sentido Este - Oeste

$a_{(V)}$ : Aceleración Pico medida en el sentido Vertical

Para los valores normalizados de cada componente de una estación se obtuvo el promedio y su desviación estándar.

Para representar la aceleración pico en las estaciones de registro se utilizó la siguiente convención:

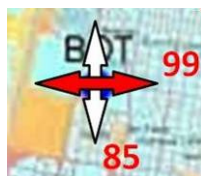


Figura 12. Esquema gráfico de reportes de Intensidades - Aceleración Pico.

La dirección presentada en color rojo representa la componente de mayor intensidad en la estación, los valores que acompañan la dirección indican del porcentaje promedio.

De la Figura 13 a la Figura 15 se muestran las direcciones de mayor intensidad en términos de aceleración máxima para las estaciones de la RAM para cada una de las sismofuentes principales, en las cuales se pueden distinguir tres tipos de comportamiento.

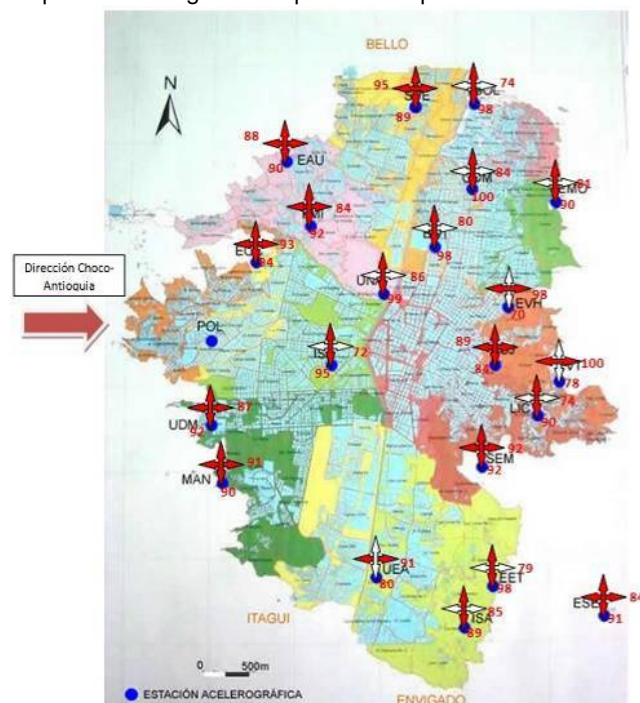


Figura 13. Medidas de intensidad – Aceleraciones Pico para la sismofuente Murindó (Choco – Antioquia)

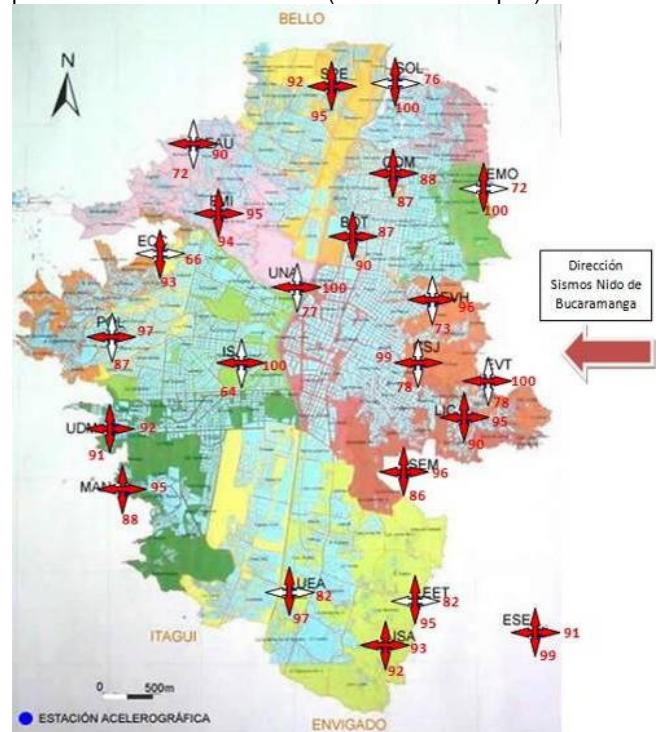


Figura 14. Medidas de intensidad – Aceleraciones Pico para la sismofuente Nido de Bucaramanga

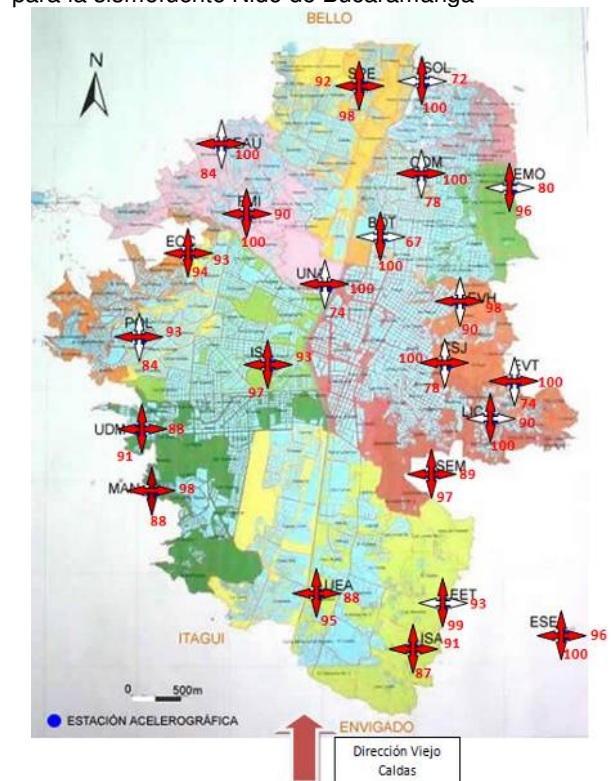


Figura 15. Medidas de intensidad – Aceleraciones Pico para la sismofuente Viejo Caldas

En primer lugar se tienen estaciones que reportan una intensidad similar o igual en ambas componentes, sin importar la componente topográfica ni el origen del sismo; también se tiene estaciones sin un patrón definido, las cuales reaccionan de manera diferente para cada sismofuente y dirección y por último se tienen estaciones en las cuales la componente con mayor intensidad siempre tiene la misma dirección.

Las estaciones que reaccionan con intensidad similar son las estaciones SPE, FMI, UDM, SEM y ESE, las cuales en general, están localizadas sobre depósitos de vertiente o suelos residuales espesos con una pendiente relativamente continua, y de las cuales se puede inferir que el efecto local predominante está asociado a la propagación de la onda a través del perfil de suelo. La estación Santa Elena ESE, presentan un comportamiento similar a pesar de que está apoyada en roca, pero no presenta accidentes topográficos cercanos.

Las estaciones localizadas en la parte más baja y amplia del valle ISJ, UNA, BOT y COM, no presentan una tendencia clara en su comportamiento, en algunos casos la máxima intensidad es paralela a la dirección de donde viene el sismo y en otras perpendicular. Con excepción de la estación COM ( Confama de Aranjuez) estas estaciones están apoyadas en una delgada capa de material aluvial fino, que descansan en el depósito aluvial grueso del río Medellín, muy espeso y rígido.

Por último, se tienen las estaciones con una dirección predominante establecida, las cuales son SOL, EMO, EVH, EVT y EET. Estas estaciones están localizadas sobre laderas escarpadas y se encuentran en la margen oriental del Valle. Como comportamiento particular, las componentes en donde predominan las máximas amplitudes son paralelas a las curvas de nivel.

En el caso específico de las estaciones EVT y EVH se presentan dos geoformas de salientes delimitadas por cuencas que van direccionadas al centro del valle (Ver Figura 19 y Figura 20) y que direccionan la intensidad en la componente E-W.

A continuación se muestra la topografía de las estas estaciones que presentan un efecto topográfico, acompañadas de la línea que define el sentido de la mayor intensidad registrada.

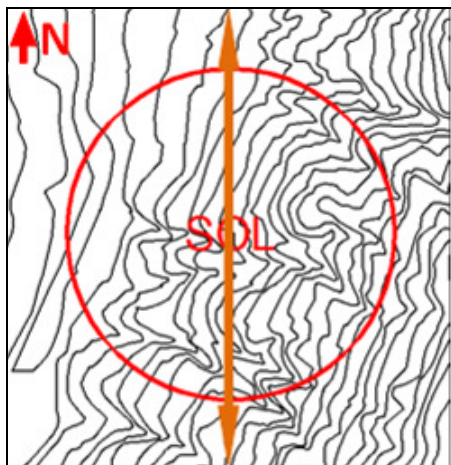


Figura 16. Topografía estación SOL

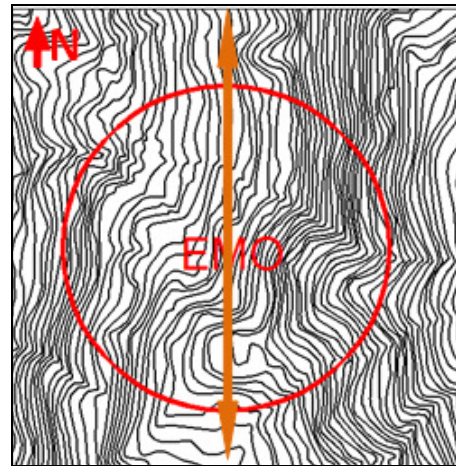


Figura 17. Topografía estación EMO

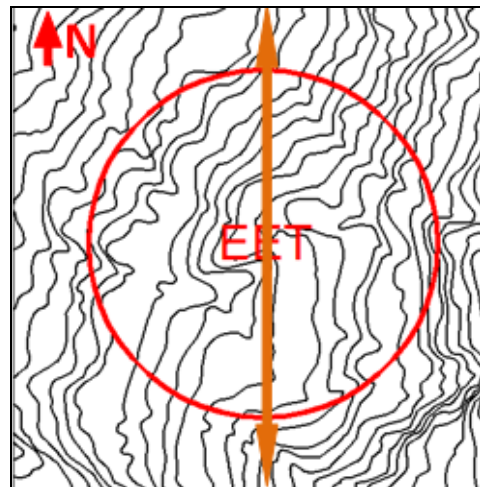


Figura 18. Topografía estación EET

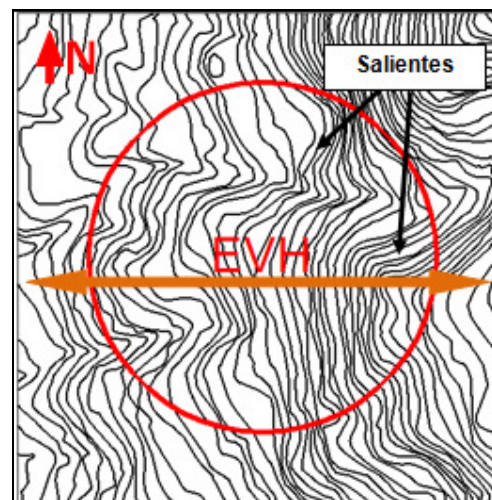


Figura 19. Topografía estación EVH

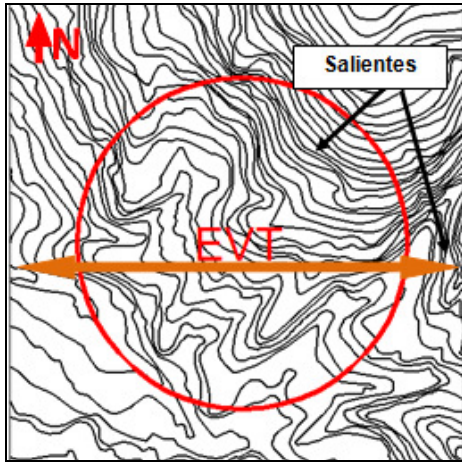


Figura 20. Topografía estación EVT

Dirección de intensidades en las estaciones RAM - Energía Elástica

De la misma forma que en el caso anterior, se obtuvieron medidas de intensidad en términos de Energía Elástica en las tres direcciones ortogonales medidas. Teniendo las siguientes convenciones:

$E_{(N-S)}$ : Energía Elástica obtenida en el sentido Norte - Sur  
 $E_{(E-W)}$ : Energía Elástica obtenida en el sentido Este - Oeste

$E_{(V)}$ : Energía Elástica obtenida en el sentido Vertical

De igual forma que con las medidas de intensidad de aceleración pico, se trabajaron solo las componentes horizontales y se realizó el proceso de normalización.

En términos de energía, las estaciones que presentan un efecto geométrico importante (SOL, EMO, EVH, EVT y EET) conservan el eje de máxima intensidad obtenido en términos de la aceleración pico. Se destaca que la diferencia entre las dos componentes horizontales se hace mayor, reafirmando que tal efecto local modifica todo el contenido frecuencial de la onda a una dirección determinada.

Las estaciones con comportamiento diferente para cada una de las sismofuentes, presentan el mismo comportamiento en términos de esta medida de intensidad. Por último las estaciones que cambian su comportamiento a nivel de energía elástica son las estaciones SPE, ESE y MAN las cuales ya no se comportan de igual manera en ambas direcciones, sino que presentan una mayor intensidad en uno de los ejes analizados.

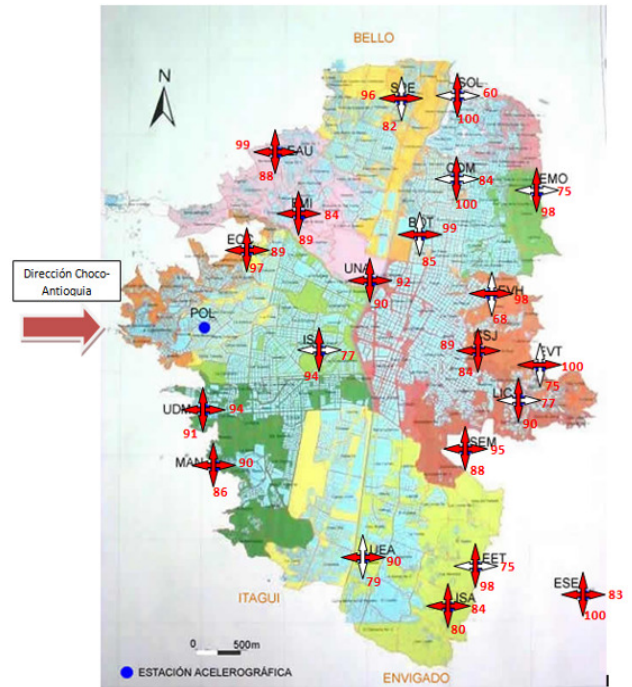


Figura 21. Medidas de intensidad – Energía Elástica para la sismofuente Murindó (Choco – Antioquia)

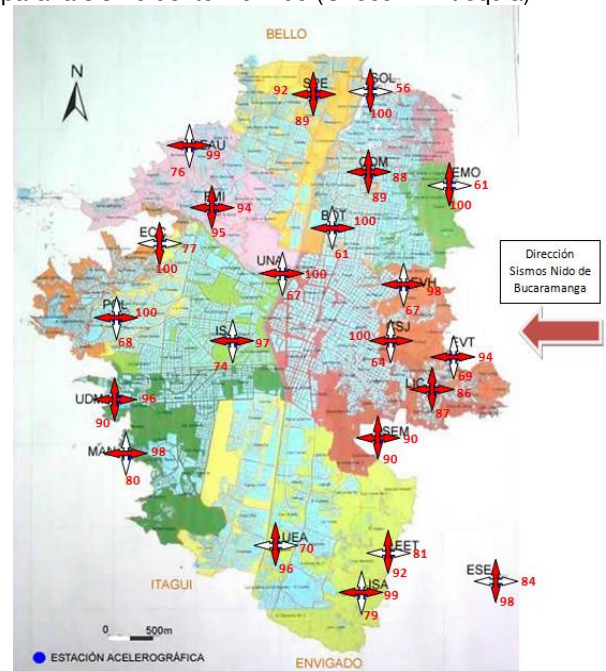


Figura 22. Medidas de intensidad – Energía Elástica para la sismofuente Nido de Bucaramanga

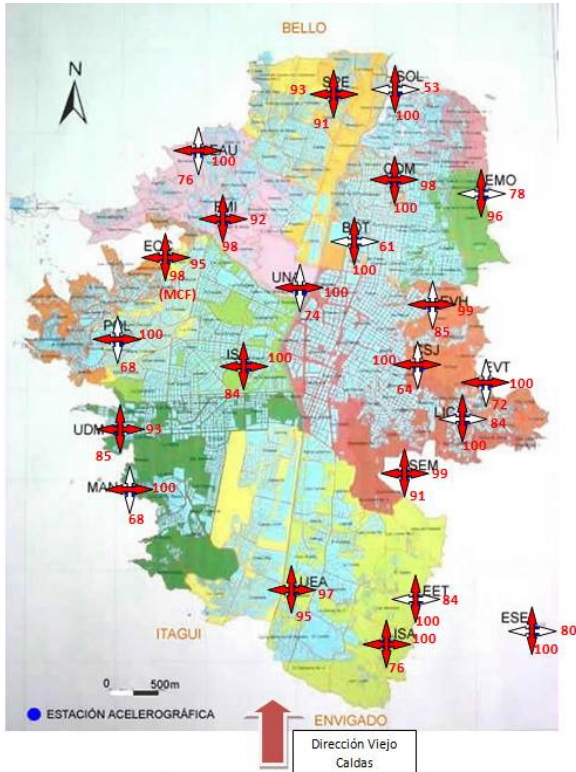


Figura 23. Medidas de intensidad – Energía Elástica para la sismofuente Viejo Caldas

### 8.1.1 Red Acelerográfica del Valle de Aburra. RAVA

Para esta red acelerográfica se realizó el mismo análisis de porcentaje de activación y registros de la RAM, presentado a continuación.

En términos de aceleraciones y energías, identificar un patrón del comportamiento del Valle de Aburra es prematuro debido que en los dos años de funcionamiento se han capturado pocos sismos y con magnitudes muy bajas, por lo que existen estaciones sin reportes de sismos para determinadas sismofuentes.

En términos generales la estación BAR presenta un comportamiento donde predomina el espesor de suelo y no los efectos geométricos, teniendo intensidades similares en las componentes horizontales.

En el sismo generado por la sismofuente Viejo Caldas, las estaciones con registro presentan un predominio de intensidad en alguna de sus componentes, sin embargo un solo evento no definiría un comportamiento marcado de las estaciones.

## 9 CONCLUSIONES

Para el inicio de la década de los 90, más precisamente en el año 1992 se contaba con solo 3 estaciones de registros sísmicos pertenecientes a instituciones universitarias y empresas privadas.

Como parte de los proyectos de Microzonificación sísmica se implementaron las redes acelerográficas de Medellín (RAM) y del Valle de Aburra (RAVA), con las

cuales se han podido ajustar los modelos usados para las microzonificaciones.

Este estudio se realizó utilizando medidas de intensidad como aceleraciones pico y la Energía Elástica generada a un sistema de un grado de libertad.

La historia sísmica registrada de la ciudad de Medellín y del Valle del Aburra está influenciada principalmente por tres sismofuentes: Murindó, Nido de Bucaramanga y Viejo Caldas.

Los sismos generados en el Nido de Bucaramanga presentan un contenido energético bajo, debido a las grandes profundidades donde se generan los eventos.

La energía de los registros obtenidos de sismos provenientes de la sismofuente de Murindó son menores a la del Eje Cafetero, debido a que su trayectoria es perpendicular a los sistemas de fallas predominantes de Colombia el cual tiene dirección N-S.

Los depósitos aluviales del Río Medellín que pueden alcanzar espesores superiores a 200 m, a diferencia de lo que sucede en ciudades localizadas en valles con suelos blandos como Ciudad de México y Bogotá, presentan amplificaciones bajas debido a la rigidez de los depósitos aluviales.

Las estaciones que reaccionan de forma independiente al origen del sismo, con igual intensidad en las componentes horizontales son las estaciones SPE, FMI, UDM, SEM y ESE. EN estas estaciones los efectos locales están controlados por el efecto de la estratigrafía del suelo y que no se detecta un efecto geométrico del sitio. La estación ESE localizada en roca lejos de accidentes topográficos presenta un comportamiento similar.

Las estaciones que monitorean la parte más baja y amplia del valle ISJ, UNA, BOT y COM, las cuales tienen los porcentajes de registros más bajos, no registran una dirección predominante y no determinan un patrón importante de intensidades para cada una de las sismofuentes analizadas. Estas estaciones se localizan en depósitos de material menos rígido apoyados en el depósito aluvial rígido del río Medellín, que no alcanzan a desarrollar un efecto local apreciable.

Las estaciones con una dirección predominante permanente, independiente del origen del sismo, son SOL, EMO, EVH, EVT y EET. Estas se localizan sobre laderas con pendientes fuertes o cerca de salientes topográficas localizadas en la margen oriental del Valle. La dirección que presenta mayores intensidades, expresadas en aceleración pico o energía, es paralela a las curvas de nivel. En el caso específico de las estaciones EVT y EVH se presentan dos geoformas de salientes que direccionan la intensidad en la componente E-W.

Durante el tiempo de monitoreo en el Valle del Aburra, en términos de aceleraciones y energías, no ha sido posible identificar un patrón del comportamiento del Valle de Aburra debido a que en los dos años de funcionamiento se han capturado pocos sismos de magnitudes muy bajas.

## 10 AGRADECIMIENTOS

Se presenta un gran agradecimiento al Dr. Juan Diego Jaramillo Fernández, Docente Investigador de la Universidad EAFIT, por su continuo apoyo e importantes aportes a este trabajo.

#### 11 REFERENCIAS

- Henao, Jaime. Puertas, Sandra. Pardo, Luis. (1993) Evaluacion de los Efectos Locales Bajo Acelerógrafos en La Ciudad de Medellín, Trabajo de Grado.*
- Clough, Ray and Penzien, Joseph.(1995) Dynamics Structures 3rd Edition, University of California Berkeley.*
- GRUPO DE SISMOLOGIA DE MEDELLIN GSM (1999) Instrumentation y Microzonificación Sísmica del Área Urbana de Medellín, Municipio de Medellín*
- GRUPO DE SISMOLOGIA DE MEDELLIN GSM.(2007) Microzonificación y Evaluación del riesgo Sísmico del Valle de Aburra, Area metropolitana.*
- Ordaz, Mario. HUERTA, Benjamin. REINOSO, Eduardo.(2002) Exact computation of input-energy spectra from Fourier amplitud spectra, Bulletin of Seismological Society of America.*
- Murillo S, Juan Sebastián.(2008) Procesamiento e interpretación de los registros acelerográficos de las redes RAM y RAVA, Grupo de investigación de ingeniería sísmica, Universidad EAFIT.*