

Resolución, Semáforo y línea base de sismicidad del SGC para los PPII - CIATC

Uno de los principales retos de los PPII en Colombia es el monitoreo sísmico durante las actividades FH-PH, inyección de fluido de retorno o agua de producción a través de pozos inyectoros, con el cual se pueda comparar la sismicidad durante las operaciones con la sismicidad histórica instrumental en las áreas de los PPII. Teniendo en cuenta lo anterior y de acuerdo con el artículo 8 (*Red de monitoreo local*) de la Resolución 40185 de 2020 del Ministerio de Minas y Energía (MME), el Servicio Geológico Colombiano (SGC) dio lugar a la resolución D-304 de 2020. Cuyo objeto es *establecer lineamientos técnicos del monitoreo de sismicidad para el desarrollo de los Proyectos Piloto de Investigación Integral -PPII en Yacimientos No Convencionales - YNC de Hidrocarburos a través de la Técnica de Fracturamiento Hidráulico Multietapa con Perforación Horizontal - FH-PH* (Figura 1). A lo largo de la redacción y proceso de publicación, se atendieron los comentarios públicos a los que fue sometido el proyecto de resolución y se atendieron reuniones con actores de la Industria hidrocarburífera, MME y Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para socializar diferentes aspectos como la geometría de la red local y la transmisión de datos. En total se dio trámite a 102 comentarios.

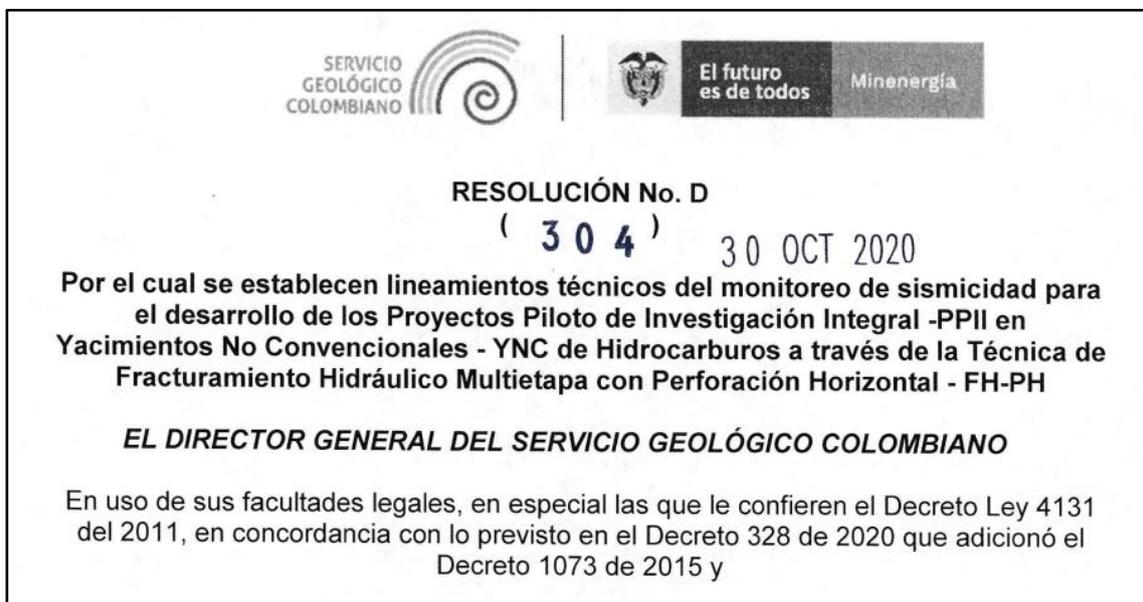


Figura 1. Extracto de la resolución D-304 de 2020 del SGC, <https://normograma.sgc.gov.co/#vid/851684952>

En virtud del artículo octavo: *Semáforo Sísmico*, de la resolución D-304 de 2020 del SGC y del artículo 8 de la Resolución 40185 de 2020 del MME, se elaboró el documento “*Semáforo para el monitoreo sísmico durante el desarrollo de los proyectos piloto de investigación integral en yacimientos no convencionales de hidrocarburos en Colombia*”, el cual fue sometido al proceso de oficialización atendiendo igualmente a los comentarios públicos asociados a la resolución D-304 de 2020 del SGC. El documento puede ser consultado en el Motor de Integración de Información Geocientífica del SGC en el siguiente enlace:

<http://adminmiig.sgc.gov.co/Lists/RecursosSGC/DispForm.aspx?ID=69692>

El semáforo de sismicidad será útil para la toma de acciones preventivas y correctivas concernientes a las operaciones de fracturamiento hidráulico en Colombia. Para su diseño, se contó con la sismicidad registrada entre 1993 y 2018, en y alrededor de la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) y el bloque La Loma - Cesar (LL), región que engloba el área donde se desarrollarán los Proyectos Piloto de Investigación Integral (PPII). Éste cuenta con cuatro colores, con base en rangos de magnitudes y frecuencias (Figura 2). El rango de frecuencias se deberá establecer a partir de la Línea Base Local de sismicidad en el área de operaciones. Fundamentalmente una línea base local de sismicidad corresponde a un subconjunto de la línea base general de sismicidad VMM-LL, que es acotada al volumen de monitoreo cilíndrico dispuesto en el artículo noveno de la resolución D-304 de 2020. La puesta en marcha de los primeros tres estados del semáforo (Verde, Amarillo y Naranja) comprende un volumen cilíndrico de monitoreo, mientras que el último estado del semáforo (Rojo) comprende un volumen cilíndrico de suspensión de acuerdo con el artículo 17 de la Resolución 40185 de 2020 (MME).

Rango de magnitud m	Magnitud (M_L)	NSRD						
m_4	≥ 4 caso a	NSRD=0	NSRD ≥ 1					
	≥ 4 caso b	NSRD=0	0 < NSRD \leq NPSOD(m_4)+d(m_4)	NPSOD(m_4)+d(m_4) < NSRD \leq NPSOD(m_4)+2d(m_4)	NPSOD(m_4)+2d(m_4) < NSRD \leq NPSOD(m_4)+3d(m_4)	NPSOD(m_4)+3d(m_4) < NSRD \leq NPSOD(m_4)+4d(m_4)	NSRD > NPSOD(m_4)+4d(m_4)	
m_3	[3,4]	NSRD=0	0 < NSRD \leq NPSOD(m_3)+d(m_3)	NPSOD(m_3)+d(m_3) < NSRD \leq NPSOD(m_3)+2d(m_3)	NPSOD(m_3)+2d(m_3) < NSRD \leq NPSOD(m_3)+3d(m_3)	NPSOD(m_3)+3d(m_3) < NSRD \leq NPSOD(m_3)+4d(m_3)	NSRD > NPSOD(m_3)+4d(m_3)	
m_2	[2,3]	NSRD=0	0 < NSRD \leq NPSOD(m_2)+d(m_2)	NPSOD(m_2)+d(m_2) < NSRD \leq NPSOD(m_2)+2d(m_2)	NPSOD(m_2)+2d(m_2) < NSRD \leq NPSOD(m_2)+3d(m_2)	NPSOD(m_2)+3d(m_2) < NSRD \leq NPSOD(m_2)+4d(m_2)	NSRD > NPSOD(m_2)+4d(m_2)	
m_1	[M_c ,2]	NSRD=0	0 < NSRD \leq NPSOD(m_1)+d(m_1)	NPSOD(m_1)+d(m_1) < NSRD \leq NPSOD(m_1)+2d(m_1)	NPSOD(m_1)+2d(m_1) < NSRD \leq NPSOD(m_1)+3d(m_1)	NPSOD(m_1)+3d(m_1) < NSRD \leq NPSOD(m_1)+4d(m_1)	NSRD > NPSOD(m_1)+4d(m_1)	
m_0	< M_c	NSRD=0	0 < NSRD \leq NPSOD(m_0)+d(m_0)	NPSOD(m_0)+d(m_0) < NSRD \leq NPSOD(m_0)+2d(m_0)	NPSOD(m_0)+2d(m_0) < NSRD \leq NPSOD(m_0)+3d(m_0)	NPSOD(m_0)+3d(m_0) < NSRD \leq NPSOD(m_0)+4d(m_0)	NSRD > NPSOD(m_0)+4d(m_0)	
Tolerancia (d)			< d	(d, 2d]	(2d, 3d]	(3d, 4d]	> 4d	

Figura 2. Semáforo para el monitoreo sísmico durante el desarrollo de los proyectos piloto de investigación integral en yacimientos no convencionales de hidrocarburos en Colombia

Para la implementación de la Técnica FH-PH en los YNC y en general proyectos con potencial de generar sismicidad en el VMM - LL, se requiere una línea base general de sismicidad con la que puedan obtenerse líneas base locales. Acorde con lo anterior, surgió el requerimiento tanto del MME en su decreto 328 de 2020 como de la ANLA en sus términos de referencia expedidos en la resolución 0821 de 2020, de la elaboración de líneas base de sismicidad, que a su vez serán usadas para obtener los parámetros de funcionamiento del semáforo sísmico.

Con el objeto de obtener una línea base general para el VMM y La Loma, desde que el gobierno contempló la posibilidad de realizar operaciones en Yacimientos no Convencionales, se iniciaron las gestiones interinstitucionales para información necesaria respecto a la sismicidad en estas zonas, por lo que el SGC y la Agencia Nacional Hidrocarburos (ANH) suscribieron convenios interinstitucionales en 2014, 2015 y 2016 para aunar esfuerzos técnicos, financieros, y administrativos con el fin de efectuar la adquisición y procesamiento

de datos sismológicos en el VMM-LL. Gracias a esto, la construcción de la línea base general del VMM-LL contará con la sismicidad registrada por la Red Sismológica Nacional de Colombia - RSNC, la Red Regional VMM, la Red Regional LL y la Red local de la empresa Drummond LTD - DRL. La RSNC inició su operación en el año 1993 con 14 estaciones sismológicas y ha ido densificando y aumentando su cobertura nacional a través de los años (Figura 3); en 2008 contó con 25 estaciones y en 2013 (antes de la instalación de las redes regionales) con 51 estaciones; en 2019 la RSNC se conformaba de 58 estaciones. Las estaciones de la red regional La Loma (LL) fueron instaladas entre 2014 - 2015; las de la red regional VMM entre 2014 - 2016, y las de la red local DRL en 2017. Esta configuración de redes ha aportado a la línea base general sismos de magnitudes bajas (incluso negativas). La figura 4 muestra la ubicación y configuración actual de algunas de las estaciones que conforman la RSNC, las redes regionales y la red local, actualmente se les conoce como red regional VMM-LL, donde algunas de las estaciones de la red regional de LL se retiraron después de la instalación de la red local DRL ya que se superponían en su localización.

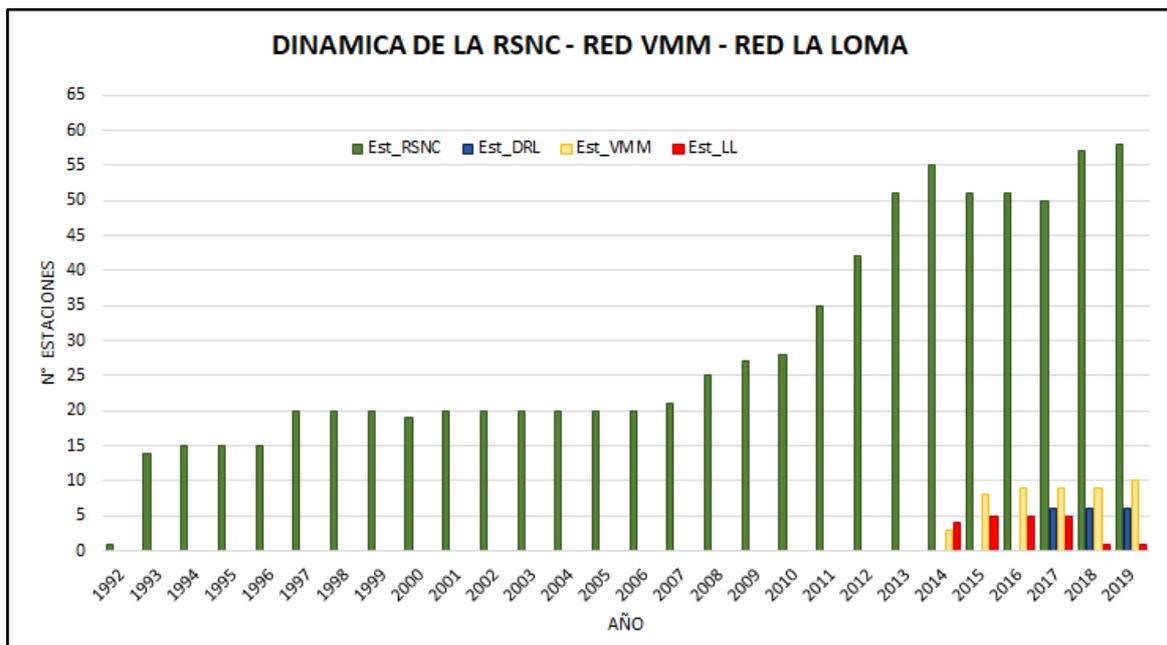


Figura 3. Dinámica de las redes sismológicas usadas para la detección y localización de sismos de la línea base general en la cuenca del VMM y La Loma

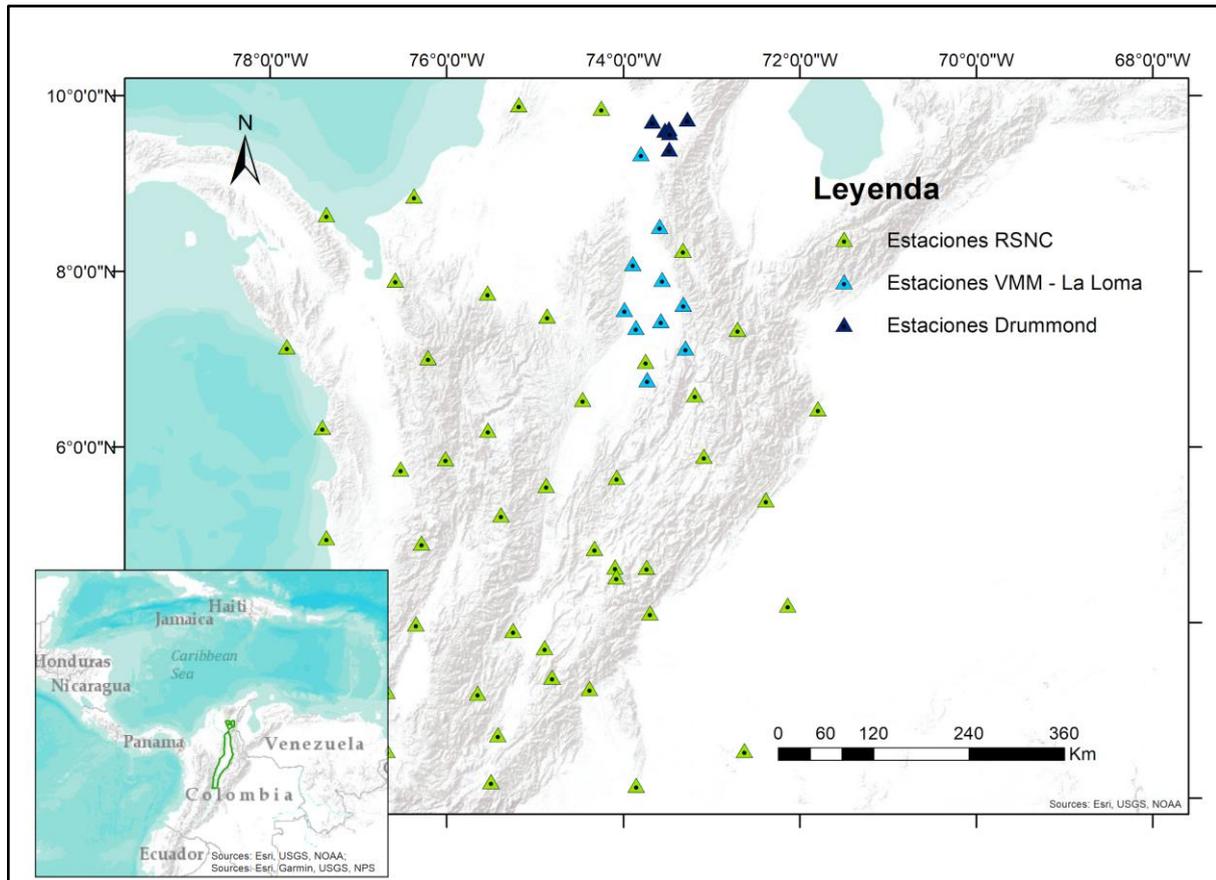


Figura 4. Redes de monitoreo sísmológico operativas para año 2019 usadas para elaboración de la Línea base general del VMM-La Loma

Teniendo en cuenta que la sismicidad no obedece a procesos puntuales, sino regionales, la línea base general de sismicidad VMM-LL no se debe limitar a la demarcación presentada en los mapas de cuencas de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) para dichas zonas, sino contemplar una mayor superficie alrededor del VMM - LL. Para lo cual se incorporó una ampliación (buffer) de 50 km alrededor de dicha área. Hasta el 31 de diciembre de 2019 la Línea base general de sismicidad VMM-LL contiene 14 219 eventos desde el 01 de junio de 1993, abarcando eventos en la zona geográfica entre los 4.15° y 10.39° de latitud y -75.41° a -72.72° de longitud, con profundidades menores o iguales a 50 km (Figura 5). La mayoría de los eventos de la Línea base general de sismicidad VMM-LL tienen profundidades menores a 6 km y magnitudes predominantemente entre M 1 y M 2.5. El evento de menor magnitud reportado en el catálogo es M -0.1, mientras que los de mayor magnitud M 5.4 tuvieron como epicentro Cimitarra - Santander el 6 de marzo de 1998 y El Carmen - Santander el 26 de abril de 2002.

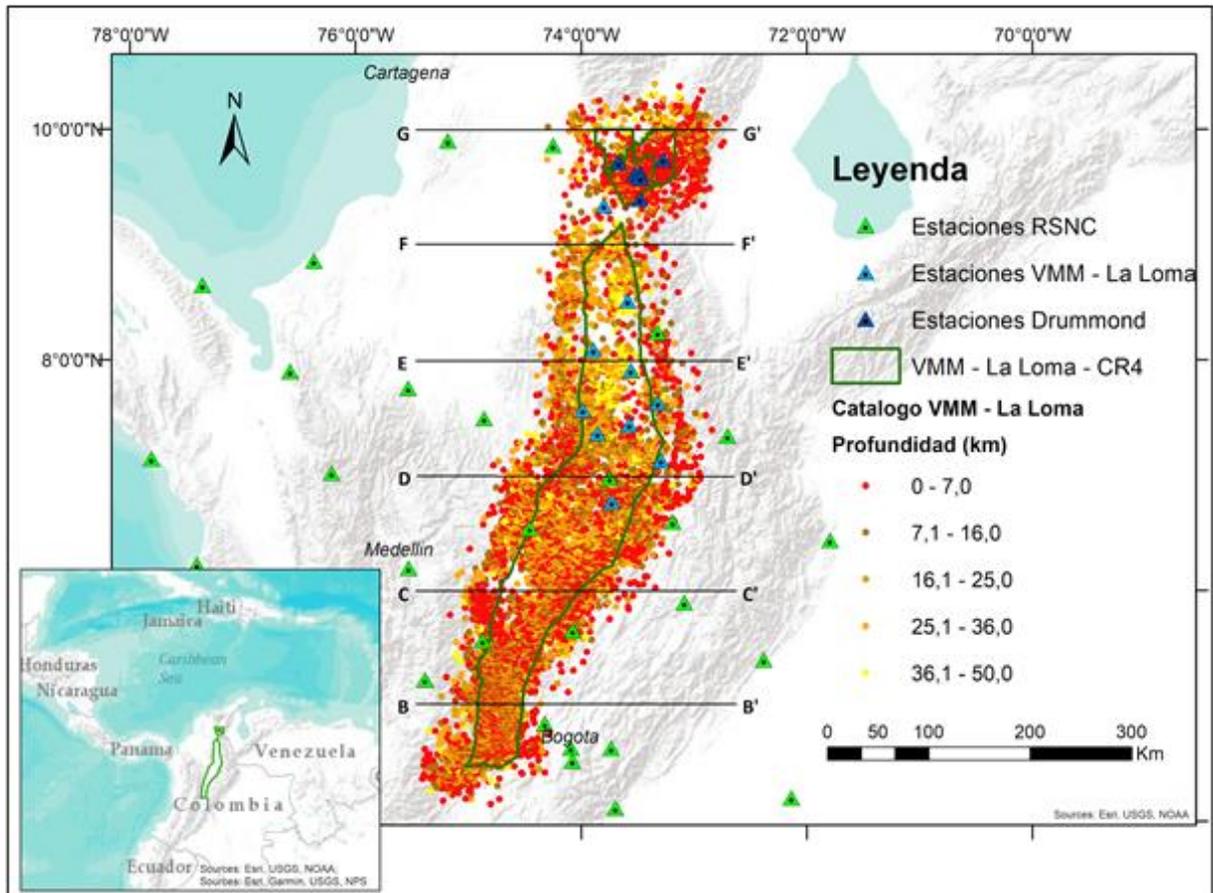


Figura 5. Línea base general del VMM - LL

Los triángulos verdes representan las estaciones de la RSNC, los azules celestes las estaciones de la red VMM-La Loma y los azules oscuros las estaciones de la red local de Drummond. Los círculos representan la localización epicentral de los eventos sísmicos (registrados entre 1993 y 2019) y los polígonos representan la Cuenca del VMM y los bloques La Loma y CR4.