



Al contestar cite Radicado 20232110460443 Id: 1470722
Folios: 19 Fecha: 2023-06-29 07:24:42
Anexos: 1 ARCHIVOS INFORMÁTICOS (PDF, WORD, EXCEL, PPT, ZIP)
Remitente: VICEPRESIDENCIA TECNICA
Destinatario: OFICINA ASESORA JURIDICA

SONDEO DE MERCADO

La ANH está adelantando el presente sondeo de mercado, con el fin de realizar el análisis económico y financiero que soportarán la determinación del presupuesto oficial de un posible proceso de selección contractual, si su Empresa se encuentra interesada en participar le agradecemos remitir la información solicitada, bajo los parámetros establecidos a continuación.

NOTA: La Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, aclara que ni el envío de esta comunicación ni la respuesta a la misma generan compromiso u obligación de contratar, habida cuenta que no se está formulando invitación para participar en un concurso o proceso selectivo, sino, se reitera, se está realizando un sondeo de mercado del que eventualmente se puede derivar un proceso de selección para la elaboración de un contrato que permita ejecutar el proyecto

NUMERO DE PROCESO DE COTIZACION:	DE DE
DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD:	<p>La Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH, Agencia Estatal, del sector descentralizado de la Rama Ejecutiva del Orden Nacional, con personería jurídica, patrimonio propio y autonomía administrativa, técnica y financiera, adscrita al Ministerio de Minas y Energía, creada mediante el Decreto Ley 1760 de 2003, modificada en su naturaleza jurídica mediante el Decreto 4137 del 03 de noviembre de 2011, tiene como objetivo "... administrar integralmente las reservas y recursos hidrocarburíferos de propiedad de la Nación; promover el aprovechamiento óptimo y sostenible de los recursos hidrocarburíferos y contribuir a la seguridad energética nacional". Para el desarrollo de tal encomienda, la Agencia debe cumplir, entre otras, las siguientes funciones: (a) identificar y evaluar el potencial hidrocarburífero del país, (b) diseñar, evaluar y promover la inversión en las actividades de exploración y explotación de los recursos hidrocarburíferos, de acuerdo con las mejores prácticas internacionales, (c) diseñar, promover, negociar, celebrar y administrar los contratos y convenios de exploración y explotación de hidrocarburos de propiedad de la Nación, con excepción de los contratos de asociación que celebre Ecopetrol hasta el 31 de diciembre de 2003, así como hacer el seguimiento al cumplimiento de todas las obligaciones previstas en los mismos, (d) asignar las áreas para exploración y/o explotación con sujeción a las modalidades y tipos de contratación que la Agencia Nacional de Hidrocarburos -ANH adopte para tal fin, y (e) apoyar al Ministerio de Minas y Energía y demás autoridades competentes en los asuntos relacionados con las comunidades, el medio ambiente y la seguridad en las áreas de influencia de los proyectos hidrocarburíferos.</p> <p>Dentro de los alcances del objetivo de la ANH se resalta "promover el aprovechamiento óptimo y sostenible de los recursos hidrocarburíferos y contribuir a la seguridad energética nacional"; razón por la cual, la ANH está llamada a convertirse en uno de los principales entes estatales que debe participar con su experiencia en el conocimiento de la Geología de Colombia, tanto en superficie como en el subsuelo, en la "transición energética justa y sostenible". El control que ejerce en la producción de hidrocarburos le permite conocer de primera mano el balance energético del país, propendiendo por una autosuficiencia energética, y a su vez, incursionando en las energías renovables, puede avanzar rápidamente aplicando su experiencia en el manejo de recursos energéticos del país, además del diseño, evaluación y promoción de la inversión en las</p>

actividades de exploración y explotación de recursos del subsuelo con un enfoque científico aplicado a estas labores.

Dentro de las energías renovables, la energía geotérmica en sus diferentes formas de aplicación, es una de las más estables en el planeta, al depender del calor interno del planeta que se ha mantenido desde su formación hace ~4600 Ma. Las principales manifestaciones del potencial de este tipo de energía en una región son la actividad volcánica e hidrotermal, además de las nuevas fronteras en desarrollo para obtener este tipo de energía en cuencas sedimentarias. En este sentido, Colombia es un país con alto potencial geotérmico al poseer plays geotérmicos, tanto de ambientes volcánicos, como en cuencas sedimentarias ampliamente exploradas por la industria petrolera.

La evaluación de los recursos geotérmicos de una región con actividad volcánica está acompañada de estudios geológicos de superficie, la cartografía de las manifestaciones termales en superficie y su caracterización geoquímica e isotópica (Mendrinós et al., 2008); seguida de mediciones de gradientes termales, estudios geofísicos y prospección del subsuelo por medio de perforaciones con el fin de identificar el recurso geotérmico, en términos de extensión superficial, volumen, rocas y propiedades de fluidos, y recopilar toda la información necesaria para tomar decisiones sobre la inversión en una planta de energía geotérmica (Mendrinós et al., 2008).

Las fuentes termales han sido definidas por su temperatura, ya que la temperatura de los fluidos debe ser al menos 4°C superior a la temperatura media anual del lugar donde se encuentran. La caracterización e inventario de dichas fuentes termales en el territorio colombiano ha estado liderada por el Servicio Geológico Colombiano, cuya última actualización a nivel nacional fue realizada en el año 2020, con actualizaciones en zonas específicas o a nivel departamental entre los años 2002 a 2014. Los parámetros medidos en cada uno de estos estudios tuvieron variaciones en los elementos y compuestos analizados, lo que hace difícil la comparación entre los resultados obtenidos en los diferentes estudios. Adicionalmente, las técnicas analíticas han mejorado en los últimos años, mejorando la precisión en las mediciones, así como nuevos desarrollos a partir del análisis de nuevos compuestos, especialmente en el campo de las mediciones isotópicas de diferentes compuestos. Debido a estas diferencias y a los avances recientes en los estudios de fuentes termales, se hace necesario realizar una actualización y estandarización de la caracterización de estas fuentes en la Cordillera Oriental y en otras regiones del país, con el fin de integrar dicha información en los proyectos de exploración geotérmica que se proyectan en el marco de la Transición Energética Justa en Colombia.

Conocer la distribución de las manifestaciones termales en superficie permite identificar la presencia de un sistema hidrotermal en el subsuelo, el cual puede llegar a ser un objetivo exploratorio para los recursos geotérmicos. Los estudios de estas fuentes termales permiten localizar estas fuentes de recursos geotérmicos e interpretar sus condiciones de temperatura, composición química, el origen y la profundidad del posible reservorio geotérmico. Esta información, junto con la medición del caudal de dichas fuentes termales permite obtener una aproximación inicial al potencial geotérmico de una región. Estas fuentes termales deben ser estudiadas por medio de la toma de muestras de los fluidos producidos, la medición de sus propiedades físico-químicas in-situ, y la realización de ensayos químicos e isotópicos. Por medio de estos ensayos es posible determinar el origen de los fluidos, las posibles mezclas de aguas de diferentes orígenes y/o temperaturas, el nivel de interacción con la roca reservorio, la temperatura del reservorio, entre otros. Entre estos parámetros, uno de los más importantes es la temperatura en el reservorio del cual provienen estos fluidos, pudiendo ser determinada por medio de diferentes geotermómetros basados en el equilibrio termodinámico entre 2 o más componentes químicos o isotópicos; siendo común el uso paralelo de diferentes geotermómetros para evaluar posibles procesos de mezclas o interacción con las rocas por las cuales ha circulado el fluido, pérdidas por evaporación, reequilibrio parcial a menor temperatura entre otros. Estudios

		<p>adicionales incluyen la determinación del contenido de diversos elementos que puedan ser de interés económico o por el contrario, que pueden representar un riesgo a la salud pública.</p> <p>El desarrollo de este proyecto consta de la actualización del catálogo de fuentes hidrotermales, empezando en las zonas de interés de la Región Andina, donde yacen diferentes complejos volcánicos. Los estudios propuestos permitirán conocer el origen de los fluidos de fuentes hidrotermales en estas regiones por medio de ensayos físico-químicos, geoquímicos e isotópicos. Estos ensayos también podrán ser usados para estimar la temperatura de los reservorios donde se originaron, y serán usados para nutrir el mapa nacional de flujo de calor en estas zonas donde no existe otra fuente de información disponible. Los diferentes resultados obtenidos serán visualizados en mapas con el fin de conocer su distribución geográfica y posibles patrones en su distribución (asociados a fallas, niveles estratigráficos, regiones específicas, entre otros). Los nuevos análisis propuestos tienen el objetivo de una caracterización detallada de los fluidos y de los compuestos presentes en los mismos, algunos de los cuales pueden ser de interés económico o incluso nocivos para la salud pública. Estos datos serán comparados con resultados obtenidos anteriormente en las fuentes hidrotermales de la misma ubicación con el fin de analizar posibles variaciones temporales en su composición y demás propiedades medidas.</p>										
OBJETO CONTRATAR:	A	Actualizar el inventario de fuentes hidrotermales y caracterización geoquímica de los fluidos en las zonas de interés de la Región Andina.										
ALCANCE DEL OBJETO:		<ul style="list-style-type: none">• Revisión de información de fuentes hidrotermales existentes en bases de datos de proyectos anteriores.• Identificar las zonas para muestreo seleccionadas con base en la revisión de información realizada anteriormente.• Realizar el muestreo geoquímico de fluidos en las áreas seleccionadas.• Realizar la toma de datos físicoquímicos de los puntos de muestreo.• Realizar los ensayos químicos e isotópicos de las muestras tomadas.• Interpretación de los ensayos para realizar la caracterización de las muestras analizadas.• Elaboración de mapas de propiedades de los fluidos analizados.• Cálculo de temperaturas y gradientes geotérmicos a partir de los ensayos realizados.• Elaborar mapas de gradiente termal con base en los resultados de los geotermómetros analizados.										
IDENTIFICACIÓN DEL CONTRATO A CELEBRAR:		Prestación de Servicios										
CÓDIGO UNSPSC (The United Nations Standard Products and Services Code® - UNSPSC, Código Estándar de Productos y Servicios de Naciones Unidas), correspondiente al bien, obra o servicios a contratar:		<p>Identifique el o los Códigos UNSPSC:</p> <table><tr><th>SEGMENTO</th><th>FAMILIA</th><th>CLASE</th><th>PRODUCTO</th><th>NOMBRE</th></tr><tr><td>71</td><td>7115</td><td>711513</td><td>71151306</td><td>Servicios de geología</td></tr></table>	SEGMENTO	FAMILIA	CLASE	PRODUCTO	NOMBRE	71	7115	711513	71151306	Servicios de geología
SEGMENTO	FAMILIA	CLASE	PRODUCTO	NOMBRE								
71	7115	711513	71151306	Servicios de geología								

ASPECTOS
TÉCNICOS:

I-OBJETIVO GENERAL:

Actualizar el inventario de fuentes hidrotermales y caracterización geoquímica de los fluidos en las zonas de interés de la Región Andina

II.-OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Actualizar el inventario de fuentes hidrotermales a partir de información reportada en proyectos anteriores, y nuevas fuentes que sean reportadas durante el trabajo de campo.
- Realizar el muestreo adecuado de los fluidos que garantice su representatividad, la calidad de la muestra y de los resultados de los ensayos realizados
- Realizar la caracterización físico-química de los fluidos in-situ y demás mediciones en el laboratorio.
- Realizar la caracterización geoquímica de los fluidos por medio de los ensayos de compuestos y especies solicitados.
- Realizar la caracterización isotópica por medio de los ensayos solicitados en un porcentaje de las muestras recolectadas.
- Generar una Geodatabase y proyectos en ArcGIS versión 10.7 o superior con la información de los resultados de laboratorio y ubicación de las fuentes hidrotermales, incluyendo un proyecto con visualización interactiva de los resultados obtenidos.
- Estimar las posibles temperaturas y profundidades de los reservorios de los fluidos muestreados, así como también un estimado del gradiente termal en cada ubicación.
- Representar la distribución de las variables (físico-químicas, geoquímicas, isotópicas, temperatura, tipología de los fluidos, entre otras), y análisis geoestadístico por medio de mapas integrados en un proyecto SIG y en la Geodatabase usando ArcGIS versión 10.7 o superior
- Proponer una historia para el origen y los procesos sufridos por los fluidos durante su ascenso a la superficie.
- Realizar la estimación de gradiente termal y del flujo de calor a partir de datos de geotermómetros (Swanberg et al., 1980).

III. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO:

El proyecto comprende la región central de la Cordillera Oriental y otras zonas de interés en las Cordilleras Central y Occidental (Figura 1).

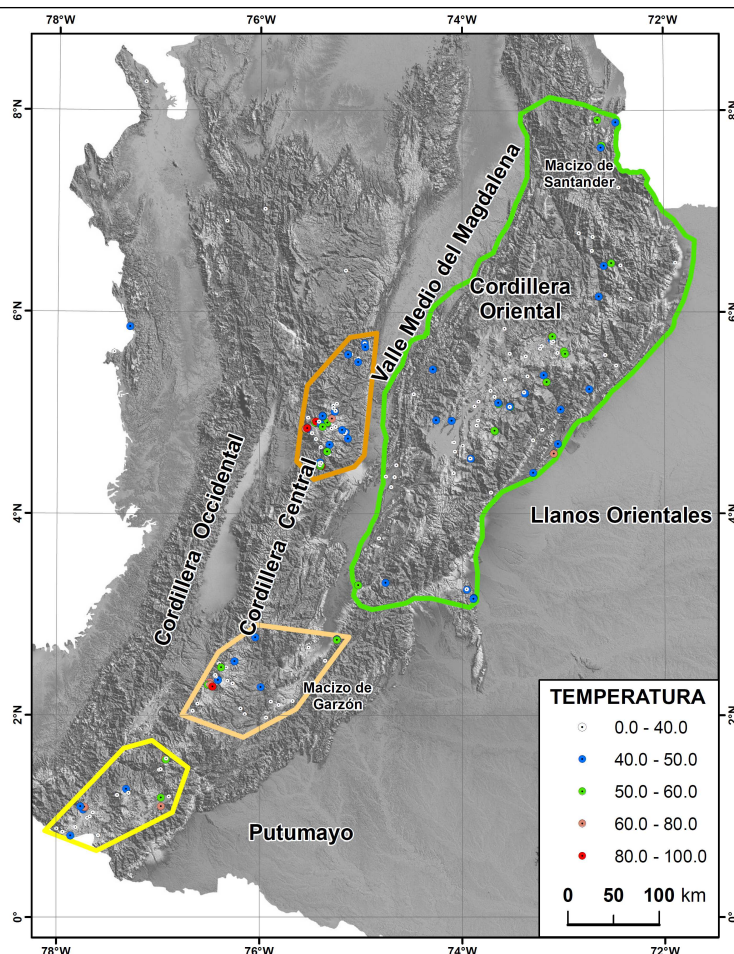


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio para el presente proyecto. Ubicación de las fuentes termales recopiladas por Alfaro et al. (2020).

III. METODOLOGÍA

Con el fin de realizar una adecuada caracterización de los manantiales termales, es necesario dejar clara su definición: “Son considerados manantiales termales aquellos que afloran en superficie con una temperatura de 4°C o más, por encima de la temperatura media anual de la región donde esta aflora” (Ortiz et al., 2011). La temperatura media anual puede ser estimada a partir de la elevación del sitio y usando la ecuación del gradiente altitudinal de temperatura propuesta por Eslava (1992):

$$T_s = 28.1 - (0.00553 \times h) \quad (1)$$

Donde T_s es la temperatura de superficie en °C; h es la elevación del sitio en metros sobre el nivel del mar (msnm); 28.1 es la temperatura media anual al nivel del mar; y 0.00553 corresponde al gradiente de temperatura ambiente con respecto a la elevación en °C/m.

La metodología propuesta para el desarrollo del presente proyecto requiere la implementación de múltiples fases que involucran actividades específicas con el fin de llevar a cabo los objetivos propuestos.

1. Revisión Bibliográfica

La primera fase requiere una revisión bibliográfica y consulta de publicaciones de entidades públicas y privadas donde existan reportes de manantiales termales que cumplan con la definición antes mencionada y que se encuentren dentro del área de interés del proyecto.

Tabla 1. Cantidad de fuentes hidrotermales con temperatura de descarga mayor o igual a 40°C ubicadas en el área de estudio y clasificadas por departamento. Tomado de (Alfaro et al., 2020).

DEPARTAMENTO	CORDILLERA ORIENTAL	SUR	CENTRO	NORTE
BOYACA	18			
CALDAS				20
CASANARE	2			
CAUCA			15	
CUNDINAMARCA	21			
HUILA	2		3	
META	4			
NARIÑO		10		
NORTE DE SANTANDER	5			
PUTUMAYO		2		
RISARALDA				18
TOLIMA				31
SUBTOTAL	52	12	18	69
TOTAL	151			

Esta revisión debe incluir su ubicación geográfica preliminar, descripción, y registro de posibles resultados existentes en dichos trabajos, con el fin de realizar un análisis multi-temporal de los parámetros que puedan ser comunes a los obtenidos en el presente estudio. Adicionalmente se debe recopilar información geoquímica de superficie (sedimentos activos, rocas), e hidrogeológica en las regiones de influencia de las fuentes termales existentes

2. Control de Campo para Actualización del Catálogo de Fuentes Hidrotermales

La información recolectada en la fase anterior debe ser corroborada en campo con el fin de ser incluida en la actualización del catálogo de fuentes hidrotermales. La información tomada en campo para cada fuente hidrotermal debe incluir:

- Registro con GPS de la ruta de acceso (*track*) desde el último sitio accesible en vehículo hasta la ubicación de la fuente hidrotermal en formato GPX sin edición ni filtrado de los datos adquiridos.
- Coordenadas Norte y Este (Datum Magna Sirgas), con precisión menor o igual a 5 metros usando equipos GPS de alta precisión como los modelos Garmin GPSMAP® o superiores, que igualmente incluyan altímetro barométrico para la medición de la elevación de la ubicación de la fuente hidrotermal.
- Insumos fotogramétricos (fotografías individuales) y productos cartográficos 3D (Nube de puntos densa) y 2D generados por fotogrametría que incluyan Modelo Digital de Elevación (DTM), Modelo Digital de Superficie (DSM) y ortofoto georreferenciada con resolución mínima de 5 cm/px de un área mínima de 10000 m2 centrada en el punto de muestreo. Adjuntar reporte de la calidad del procesamiento fotogramétrico y puntos de control (GCP) en shapefile usados para la ortorrectificación.
- Insumos fotogramétricos (fotografías térmicas individuales) y ortofoto térmica radiométrica y georreferenciada con resolución mínima de 5 cm/px de un área mínima de 10000 m2 centrada en el punto de muestreo. Adjuntar reporte de la calidad del procesamiento fotogramétrico y puntos de control (GCP) en shapefile usados para la ortorrectificación.

- Fotografías con etiqueta de ubicación geográfica (Geotag): mínimo 5 imágenes de vistas generales y vistas detalladas de la fuente termal y sitio específico del muestreo; todas con resolución igual o superior a 20 Megapíxeles. El Geotag de las imágenes puede obtenerse directamente desde el GPS, si se cuenta con dispositivo que tenga cámara; usando otro dispositivo como cámara con GPS o con teléfonos inteligentes, o de manera manual. En cualquier caso, la ubicación debe coincidir con las coordenadas registradas para cada fuente hidrotermal.
- Video en orientación panorámica (horizontal) que muestre los alrededores del manantial hidrotermal y el sitio de muestreo. La duración del video debe estar entre 1 y 2 minutos con calidad HD (720p) o superior.
- Diligenciar el formato de inventario de fuentes hidrotermales suministrado para el desarrollo del presente proyecto donde se debe consignar la información de coordenadas, condiciones climáticas, características topográficas, geomorfológicas y geológicas, descripción del acceso y del sitio, registro de las mediciones in-situ, entre otras.

3. Recolección de Muestras de Fuentes Hidrotermales

La recolección de muestras de fluidos en sistemas geotérmicos requiere de técnicas específicas para obtener muestras representativas debido a las altas temperaturas, y el efecto de exponer dichas muestras a la atmósfera y el enfriamiento (Arnorsson et al., 2006). El tratamiento de las muestras durante la recolección va a depender de los métodos analíticos que vayan a ser usados. Adicionalmente, las condiciones de las fases de los fluidos encontrados, van a determinar la metodología aplicada para la recolección de las muestras (Arnorsson et al., 2006).

- Fuentes termales de fase acuosa:
La toma de muestra de este tipo de manantial termal debe garantizar una exposición mínima del fluido a la atmósfera, así como otras posibles mezclas con aguas superficiales, prefiriéndose las fuentes termales cuyo afloramiento ocurra en el lecho rocoso y con una abertura mínima. La muestra debe ser colectada a la mayor profundidad posible o muy cerca de la abertura, tal como se indica en la Figura 2. Se colectarán diferentes sub-muestras que serán tratadas dependiendo del ensayo a realizar como se especifica en la Tabla 2.
Las muestras para la determinación de isótopos estables de hidrógeno ($\delta^2\text{H}$), oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) y carbono ($\delta^{13}\text{C}$), así como ^{14}C , deben enfriarse, filtrarse y almacenarse en botellas de vidrio con tapas herméticas para evitar la evaporación y el intercambio con la atmósfera. Específicamente, para la determinación de isótopos de carbono, la muestra debe dosificarse con unas pocas gotas de solución de HgCl_2 al 1% para evitar cambios en el contenido de isótopos de carbono de la muestra por actividad biológica. La determinación de las proporciones de isótopos de los elementos más pesados no requiere, en general, otro tratamiento in situ que el filtrado.

Tabla 2. Tratamiento de las muestras de aguas según el método analítico

Análisis en Aguas						
	*ICP-AES	*ICP-MS	IC	Titulación/pH	Titulación/H ₂ S	Isótopos
Determinaciones	Ca, Cl, K, Mg, Na, S, Si, Carbono Total	Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Br, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Fe, Ga, Gd, Ge, Hf, Ho, I, Ir, La, Li, Lu, Mn, Mo, Nb, Nd, Ni, P, Pb, Pd, Pr, Rb, Re, Rh, Ru, Sb, Sc, Se, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Te, Th, Ti, Tl, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr	F, SO ₄ , NO ₃ , PO ₄ , otros aniones como Cl, SO ₄ , HCO ₃ , CO ₃ , NO ₃ , Br, I, Hg	Carbono Total de Carbonato y pH	H ₂ S	δ ² H, δ ¹⁸ O y Tritio ³ H** en aguas
Filtrado	In-situ 0.2 μm	Metales Disueltos: In-situ 0.2 μm **Metales Totales: No filtrar	In-situ 0.2 μm	In-situ 0.2 μm solo si se observa turbidez en el agua	No es necesaria	In-situ 0.2 μm
Preservación	HNO ₃ - 0.5 ml / 100 ml de muestra o pH<2	HNO ₃ - 1 ml / 100 ml de muestra o pH<2	Ninguna	Ninguna	Analizar in-situ o precipitar con (CH ₃ COO) ₂ Zn	Enfriar a 30-40°C y agregar algunas gotas de HgCl ₂ para
Contenedor	Botella plástica de 50 ml (HDPE o PP)	Botella plástica ≤ 100 ml (HDPE o PP)	Botella plástica de 50 ml (HDPE o PP)	Botella para muestras de gas o botella de vidrio con tapa hermética para evitar contacto con el aire	Botella plástica (HDPE o PP)	Botella de vidrio con tapa hermética sin aire dentro de la botella
Almacenamiento	Hasta 6 meses	Hasta 6 meses	Hasta 6 meses	Debe analizarse dentro de las 48 horas siguientes a la toma de la muestra	Indefinido si se filtra el precipitado de la muestra	Hasta 6 meses

*Especificar si se realizan todos los análisis por ICP-AES o ICP-MS, o cuales se analizan en cada técnica

** Tomar muestra duplicado para análisis de metales totales si se observa turbidez en el agua

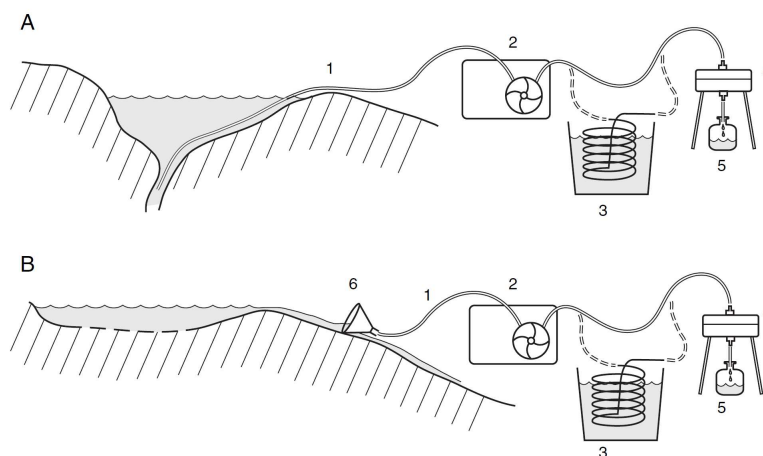


Figura 2. Equipamiento para la recolección de muestras de aguas de fuentes termales. 1- Manguera de silicona de 1/4". 2- Bomba peristáltica. 3- Recipiente con agua fría y bobina de enfriamiento en acero inoxidable (N316: estructura austenítica resistente al endurecimiento por tratamiento térmico y adición de molibdeno para aumentar su resistencia a la corrosión). 4- Porta-filtro de teflón de 20 cm de diámetro y filtro desechable de 0.2 μm. 5- Botella para muestra. 6- Embudo de material inerte resistente a altas temperaturas que se ajuste a la manguera de silicona. Tomado de Arnorsson et al. (2006).

- Fumarolas y fuentes termales con fase vapor/gas:
La muestra de vapor/gas debe ser colectada en la forma de uno de los tres siguientes tipos (Arnorsson et al., 2006), dependiendo de las condiciones del punto de muestreo (Figura 3):
A. Muestra de la descarga total de una fumarola si se logra establecer una fumarola específica que pueda ser completamente cubierta por el embudo y sellada con arcilla.

- B. Fracción gaseosa de la descarga de una fumarola con las mismas condiciones del método A.
- C. Burbujas de gas brotando de una fuente hidrotermal de la que no se puede determinar una fumarola específica.

En cualquiera de los casos, no se requiere análisis o tratamiento de la muestra in-situ, excepto para mejorar los ensayos de gases menores por medio de la disolución cuantitativa de CO₂ y H₂S (Tabla 3), que son generalmente los gases más abundantes (Arnorsson et al., 2006). Antes de recolectar la muestra, el sistema debe ser purgado circulando vapor/gas de la fuente de muestreo para desplazar cualquier aire presente en el sistema. Las opciones A y B requieren que la capsula para el muestreo de gas haya sido vaciada en el laboratorio. Para el caso C, la capsula para el muestreo de gas no requiere ser vaciada previamente. En su lugar, se succiona agua de la fuente hidrotermal para purgar el sistema, incluida la cápsula en posición invertida. Posteriormente se acumula gas debajo del embudo y a continuación este es bombeado hacia la capsula de muestreo.

Tabla 3. Tratamiento de las muestras de gases según el método analítico

Análisis en Gases			
	GC	Titulación	Isotopos
Determinaciones	H ₂ , CH ₄ , CO, N ₂ , O ₂ , Ar, Rn	CO ₂ y H ₂ S	$\delta^2\text{H}$ en CH ₄ $\delta^2\text{H}$ en H ₂ $\delta^{13}\text{C}$ en CO ₂ y CH ₄ ²²⁰ Rn y ²²² Rn* ³ He/ ⁴ He** Tritio ³ H**
Tratamiento	Agregar solución de NaOH (50 ml, 4 M) KOH (10 ml, 50% w/v) a la capsula antes de vaciar la cápsula	Analizar en el vapor condensado de la muestra de CG y corregir por la dilución en la solución caústica	Ninguno
Preservación	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Contenedor	Cápsula para muestras de gas de 300 ml	Cápsula para muestras de gas de 300 ml	Cápsula para muestras de gas de 300 ml
Almacenamiento	24 horas para análisis de Rn	Hasta 1 mes	Hasta 1 mes

* Se debe contemplar realizar el análisis de Rn en gas libre o gas disuelto en agua

** Especificar la metodología usada para la recolección de la muestra para este análisis, se debe contemplar realizar este análisis en gas libre o disuelto en agua

Las muestras deberán ser transportadas al lugar del análisis procurando condiciones de temperatura estables, menores a 25°C, y ser mantenidas de esta forma hasta su análisis. Estas muestras deberán ser preservadas bajo estas condiciones hasta la finalización del contrato.

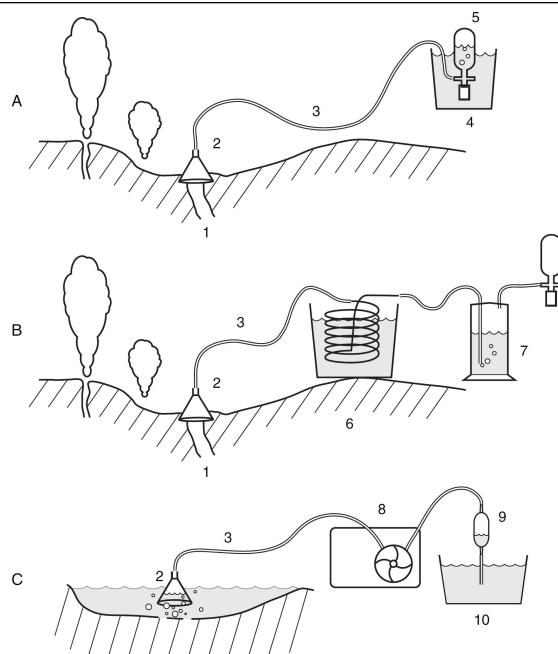


Figura 3. Equipamiento para la recolección de muestras de vapor de fumarolas (A y B), y gases brotando de aguas de fuentes hidrotermales (C). 1- Salida de vapor. 2- Embudo. 3- Manguera de silicona de ¼" o tipo tygon. 4- Recipiente con agua fría. 5- Cápsula para muestreo de gas de 300 ml aproximadamente, con llave de cierre y sello tipo o-ring. 6- Recipiente con agua fría y bobina de enfriamiento en acero inoxidable (N316). 7- Botella de lavado para recolección de condensado. 8- Bomba peristáltica. 9- Cápsula de muestreo con llave en los dos extremos. 10- Recipiente con agua para evitar el ingreso de aire a la cápsula de muestreo a través de la llave de cierre inferior. Tomado de Arnorsson et al. (2006).

4. Ensayos In-Situ

Las siguientes propiedades deben ser medidas in-situ y registradas en el formato suministrado.

- Flujo y caudal
- Temperatura con termocupla tipo K de sonda rígida
- pH con calibración de equipo
- Conductividad Eléctrica con calibración de equipo
- Densidad
- HCO₃⁻ y H₂S por titulación (Tabla 2)
- Sólidos en suspensión
- Proporción gas/fluido: esta última para muestras totales de fumarolas (Figura 3A).

5. Ensayos de Laboratorio

Los análisis de laboratorio solicitados para muestras de agua y gases se encuentran en la Tabla 2 y Tabla 3. Se realizarán además análisis repetidos en 10% del total de las muestras, las cuales serán seleccionadas por el supervisor de la ANH. Se presentarán los resultados de blancos analíticos, y estándares usados en la calibración de los equipos y curvas de calibración.

6. Interpretación Hidrogeoquímica

La información obtenida de los ensayos realizados en este proyecto permitirá mejorar el conocimiento adquirido sobre las características de las fuentes hidrotermales en la Cordillera Oriental y otras zonas de interés en las Cordilleras Central y Occidental, combinando diferentes

técnicas analíticas y herramientas recientes de minería de datos. La interpretación de los datos obtenidos incluirá los siguientes aspectos:

- Construcción de una base de datos geográfica (geodatabase en ArcGIS versión 10.7 o superior), con los resultados de todos los ensayos realizados y enlace con la información recolectada en campo (formatos, fotos, descripciones, etc).
- Evaluación de la calidad de los resultados desde el punto de vista del balance iónico de las muestras de aguas hidrotermales.
- Caracterización de los parámetros físico-químicos de las fuentes de agua y gases analizados.
- Caracterización composicional y clasificación de las muestras de aguas y gases analizadas dentro del proyecto, a partir de los contenidos de elementos, aniones y cationes principales, usando relaciones y diagramas multivariados integrados en los proyectos SIG generados dentro del proyecto.
- Evaluación del balance mineral-fluido por el método del índice de saturación u otros propuestos con el fin de determinar la confiabilidad de los diferentes sistemas geotermométricos a usar posteriormente (Kai et al., 2020).
- Caracterización geotermométrica de los fluidos analizados por medio de los diferentes geotermómetros existentes basados en su composición (Kai et al., 2020; Verma et al., 1997, Tabla 4).
- Evaluación del posible origen de los fluidos analizados (juveniles, meteóricos, connatos, etc), y de los procesos que han transcurrido durante su evolución en el sistema geotérmico subterráneo (interacción fluido-roca, mezclas, zonación temperatura-composición, etc).
- Comparación de los datos obtenidos en este estudio con los datos disponibles de estudios anteriores, y representar los posibles cambios observados por medio de diagramas composicionales y mapas.
- Caracterización de la composición multielemental y de metales pesados por medio de matrices de comparación de muestras vs elementos y mapas de la distribución de dichos resultados en el área de estudio.
- Aplicación de herramientas de minería de datos en el análisis de los resultados obtenidos con el fin de analizar las similitudes y diferencias entre las muestras, su distribución geográfica, correlación de parámetros, agrupamientos (Clusters), y componentes principales (PCA) que permitan caracterizar dichas muestras de manera precisa. Esta aplicación deberá entregarse en una plataforma o paquete libre y de fácil acceso para posteriores estudios.
- Presentación de datos e interpretaciones en mapas de distribución de variables, tipología, agrupamientos, procesos, entre otros.
- Informe final que recopile los antecedentes, metodología detallada (recolección de muestras, preparación y análisis, tratamiento de datos, interpretación), y los resultados obtenidos en este proyecto.

Tabla 4. Geotermómetros basados en componentes disueltas en las aguas de fuentes termales. Recopilado de Kai et al. (2020) y Verma et al. (1997).

Geotermómetro	Formula
Na-K	$t = \frac{1390}{1.75 + \log(Na/K)} - 273.15 \text{ (Na-K}^1\text{)}$
	$t = \frac{1217}{1.438 + \log(Na/K)} - 273.15 \text{ (Na-K}^2\text{)}$
	$t = \frac{856}{0.857 + \log(Na/K)} - 273.15 \text{ (Na-K}^3\text{)}$
Na-K-Ca	$t = \frac{1647}{\log(Na/K) + \beta \left(\log \frac{\sqrt{Ca}}{Na} + 2.06 \right) + 2.47} - 273.15 \text{ (Na-K-Ca)}$
K-Mg	$t = \frac{4410}{14.0 - \log \frac{K}{Mg}} - 273.15 \text{ (K-Mg)}$
SiO ₂	Cuarzo sin Separación de Vapor $t = -42.198 + 0.28831 \text{ SiO}_2 - 3.6686 \times 10^{-4} (\text{SiO}_2)^2 + 3.1665 \times 10^{-7} (\text{SiO}_2)^3 + 77.034 \log \text{ SiO}_2$
	Cuarzo sin Perdida de Vapor $t = \frac{1309}{5.19 - \log \text{ SiO}_2} - 273.15$
	Cuarzo con Perdida de Vapor $t = \frac{1522}{5.75 - \log \text{ SiO}_2} - 273.15$
	Calcedonia $t = \frac{1032}{4.69 - \log \text{ SiO}_2} - 273.15$
	α-Cristobalita $t = \frac{1000}{4.78 - \log \text{ SiO}_2} - 273.15$
Na-Li	Cl < 3 m $t = \frac{1049(\pm 44)}{\log(Na/Li) + 0.44(\pm 0.10)} - 273.15$
	Cl ≥ 3 m $t = \frac{1267(\pm 35)}{\log(Na/Li) + 0.07(\pm 0.10)} - 273.15$

7. Gradiente Termal y Flujo de Calor

Los ensayos incluidos en este proyecto están enfocados en la caracterización geoquímica de los fluidos de fuentes termales, y el estudio geotermométrico de estos fluidos a partir de su composición. Los datos de temperaturas obtenidos en este estudio serán usados posteriormente para evaluar el potencial geotérmico de estas zonas, para lo cual es necesario conocer la profundidad de los reservorios de los cuales se han originado estos fluidos. Una metodología propuesta por Swanberg et al. (1980), presenta una regresión de datos geotermométricos de sílice en aguas subterráneas con respecto a datos de flujo de calor previamente construido por Sass et al. (1976).

El geotermómetro de SiO₂ fue seleccionado por ser el que presentaba mayor cantidad de datos disponibles en dicho estudio (Swanberg et al., 1980); sin embargo, el mismo principio puede ser aplicado a otros geotermómetros. Este método se basa en la correlación entre la temperatura calculada para aguas de sistemas geotermales usando el geotermómetro de SiO₂ (TSiO₂) y el flujo de calor en una región, la cual puede ser usada para predecir temperaturas en el subsuelo con la forma:

$$TSiO_2 = mq + b \quad (2)$$

Donde q es el flujo de calor, y m y b son constantes determinadas de valor 680±67°Cm²/W y 12.4±5.1°C respectivamente (Swanberg et al., 1980). En este trabajo se reemplaza q en la ecuación (2), con la ecuación que define el flujo de calor:

$$q = K \, dT/dz \quad (3),$$

donde K es la conductividad termal y dT/dz corresponde al gradiente termal. De este modo es posible llegar a una solución en términos de las temperaturas de superficie y de subsuelo, y las constantes conocidas y calculadas

$$(T_{SiO_2} - b)z = mK(T_z - T_0) \quad (4)$$

Donde T_0 y T_z son las temperaturas de superficie y la temperatura a la profundidad z respectivamente. De acuerdo a las suposiciones para la aplicación de este método, $T_0 = b$ y $T_z = T_{SiO_2}$, de modo que la ecuación (4) se simplifica en:

$$mK = z \quad (5)$$

Se supone que esta profundidad correspondería a la profundidad donde se dio el último equilibrio entre el agua analizada y las rocas por donde circuló, por lo tanto, es posible calcular dicha profundidad usando el valor de m calculado y estimando la conductividad termal de acuerdo a las condiciones geológicas. Finalmente, esta profundidad puede ser combinada con información de las temperaturas de superficie para obtener el gradiente termal y usando los datos estimados de permeabilidad es posible estimar el flujo de calor (Swanberg et al., 1980).

Las limitaciones de este método están en su fortaleza, la simplificación del método usando un método de regresión que permitió estimar constantes útiles para realizar los cálculos propuestos. Esta regresión está basada en datos de Estados Unidos, razón por la cual se propone realizar una regresión propia en el territorio colombiano combinando datos de fuentes termales y datos de gradiente termal y flujo de calor obtenidos de pozos cercanos a dichas fuentes. Los resultados obtenidos serán comparados con los presentados en Swanberg et al. (1980), realizando un estimado de la incertidumbre de los valores obtenidos, derivadas de la propia regresión, así como también de los valores estimados de conductividad termal para cada región. Adicionalmente, se probará esta metodología con los otros geotermómetros obtenidos en este estudio, realizando un análisis de sensibilidad de los parámetros obtenidos con los diferentes geotermómetros y valores de conductividad termal.

NOTA: La metodología presentada en este documento constituye una guía general basada en datos publicados. El contratista podrá presentar su propia metodología que cumpla con los requisitos de calidad y preservación de las muestras, y garantice la calidad de los resultados obtenidos.

IV. PRODUCTOS Y ACTIVIDADES RELACIONADAS

1. Inventario de Fuentes Hidrotermales

- Consulta de información de proyectos anteriores con la ubicación y características de las fuentes termales ubicadas dentro del área de estudio.
- Actualización del inventario de fuentes hidrotermales en campo según las condiciones descritas en la metodología y levantamiento de información en los formatos suministrados.
- Recolección de muestras según las metodologías descritas para cada tipo de ensayos a realizar.
- Mediciones in-situ de los parámetros requeridos.
- Generación de base de datos geográfica (*geodatabase en ArcGIS* versión 10.7 o superior), que incluya la información colectada en campo.

2. Ensayos de Laboratorio

- Medición de los parámetros solicitados (Tabla 2 y Tabla 3).
- Evaluación de la calidad de los resultados obtenidos.

- Consignación en formatos unificados de todos los resultados por cada muestra.
- Creación de una base de datos unificada con todos los resultados de todas las muestras.
- Generación de base de datos geográfica (*geodatabase en ArcGIS* versión 10.7 o superior) con los resultados y enlace a los anexos de todas las muestras analizadas.

3. Interpretación y Caracterización de las Fuentes Hidrotermales

- Caracterización y clasificación físico-química y composicional de las muestras de aguas y gases recolectadas y analizadas.
- Caracterización geotermométrica de las muestras analizadas a partir de diferentes parámetros composicionales.
- Caracterización del origen y procesos que han afectado los fluidos analizados.
- Comparación multitemporal de los resultados obtenidos en estudios anteriores y este estudio, identificando las variaciones y posibles causas de los parámetros comunes.
- Identificación de anomalías geoquímicas elementales, metales pesados y elementos de las tierras raras (REE).
- Construcción de mapas que muestren la distribución de los diferentes parámetros obtenidos en los ensayos in-situ, ensayos de laboratorio y en la caracterización de las fuentes termales.
- Análisis geoestadístico de los resultados obtenidos y construcción de mapas que muestren la distribución de los diferentes parámetros obtenidos en los análisis in-situ, análisis de laboratorio y en la caracterización de las fuentes hidrotermales.
- Aplicación de herramientas de minería de datos que permitan ilustrar correlaciones entre diferentes parámetros (Pearson, Spearman, otras), componentes principales (PCA), agrupamientos (clusters), y otra información que mejore la interpretación de los datos.
- Representación de los resultados de la minería de datos en diagramas y mapas en Proyecto GIS y base de datos geográfica (*geodatabase en ArcGIS* versión 10.7 o superior).

4. Gradiente Termal y Flujo de Calor

- Realizar la recopilación de datos de gradiente termal y flujo de calor obtenidos en pozos cercanos a las fuentes termales analizadas.
- Realizar un análisis de regresión multivariado con los diferentes geotermómetros y los valores recopilados de flujo de calor con el fin de obtener las constantes m y b, comparando estos valores con respecto a los presentados por Swanberg et al. (1980), y con respecto a la temperatura media anual en Colombia.
- Realizar el cálculo de profundidades estimadas, gradiente termal y flujo de calor con su respectiva incertidumbre asociada a las constantes determinadas y los valores de conductividad termal usados.
- Representar en mapas la distribución de los valores de flujo de calor y gradiente termal, así como sus incertidumbres asociadas para las áreas estudiadas, comparando los resultados obtenidos con los trabajos realizados anteriormente (Alfaro et al., 2009, entre otros).

Nota 1: Se entiende que cada producto debe hacer parte integral del informe final del proyecto (el informe final contendrá un resumen ejecutivo en idioma inglés), incluyendo los anexos que se generen de cada producto y proyectos SIG con los respectivos archivos de *geodatabase en ArcGIS* versión 10.7 o superior, asociadas con la información generada en el proyecto, y la base de datos en formato SQL Server 2016 R2, sobre el sistema Operativo Windows Server 2014 Standard (o versión más reciente).

REFERENCIAS

Alfaro, C., Alvarado, I., Quintero, W., Vargas, C., & Briceño, L. A. (2009). *Proyecto Mapa Geotérmico de Colombia: Mapa Preliminar de Gradientes Geotérmicos de Colombia*. Bogotá.

	<p>Alfaro, C., Rueda, J., Casallas, Y., Rodriguez, G., & MaloJaison. (2020). <i>Estimación Preliminar del Potencial Geotérmico de Colombia</i>. Bogotá.</p> <p>Arnorsson, S., Bjarnason, J., Giroud, N., Gunnarsson, I., & Stefansson, A. (2006). Sampling and analysis of geothermal fluids. <i>Geofluids</i>, 6, 203–216. doi: 10.1111/j.1468-8123.2006.00147.x</p> <p>Eslava, J. (1992). Perfil altitudinal de la temperatura media del aire en Colombia. <i>Geofísica Colombiana</i>, 1, 37–52. Retrieved from https://revistas.unal.edu.co/index.php/esrj/article/view/31200</p> <p>Kai, B., Xiaojun, N., Weimin, W., Xiaojun, W., Yu, P., & Panchal, B. (2020). Application of geothermal thermometric scale in the study of deep reservoir temperature. <i>Energy Exploration and Exploitation</i>, 38(6), 2618–2630. doi: 10.1177/0144598720942003/ASSET/IMAGES/LARGE/10.1177_0144598720942003-FIG3.JPEG</p> <p>Mendrinós, D., Karytsas, C., & Georgeilakis, P. (2008). Assessment of geothermal resources for power generation. <i>Journal of Optoelectronics and Advanced Materials</i>, 10(5), 1262–1267.</p> <p>Ortiz, I., & Alfaro, C. (2011). <i>Inventario Nacional de Manantiales Termales Departamentos de Tolima, Caldas, Risaralda y Nariño</i>. Bogotá.</p> <p>Sass, J. H., Diment, W. H., Lachenbruch, A. H., Marshall, B. V., Munroe, R. J., Jr., T. H. M., & Urban, T. C. (1976). A new heat-flow contour map of the conterminous United States. <i>Open-File Report</i>. doi: 10.3133/OFR76756</p> <p>Swanberg, C. A., & Morgan, P. (1980). The silica heat flow interpretation technique: Assumptions and applications. <i>Journal of Geophysical Research: Solid Earth</i>, 85(B12), 7206–7214. doi: 10.1029/JB085IB12P07206</p> <p>Verma, S. P., & Santoyo, E. (1997). New improved equations for NaK, NaLi and SiO₂ geothermometers by outlier detection and rejection. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i>, 79(1–2), 9–23. doi: 10.1016/S0377-0273(97)00024-3</p> <p>TIEMPO DE ENTREGA:</p> <p>El tiempo de ejecución del proyecto es de cinco (5) meses, en todo caso no podrá superar el 29 de diciembre de 2023.</p>
LUGAR DE EJECUCIÓN:	Bogotá D.C.
PROPUESTA ECONÓMICA:	

Personal Mínimo				
Cargo	Perfil	Cantidad	Dedicación	Experiencia Mínima
Director del proyecto	Geólogo o Ingeniero Geólogo o profesional en disciplinas del área de las ciencias básicas o ingenierías con Maestría o Doctorado	Uno (1)	100%	Diez (10) años de experiencia profesional de los cuales años o 5 proyectos debe haber sido como coordinador supervisor y/o director de proyectos de geotermia hidrogeología.
Asesor de Geotermia	Geólogo o Ingeniero Geólogo o profesional en disciplinas del área de las ciencias básicas o ingenierías con Maestría o Doctorado	Uno (1)	100%	Ocho (8) años de experiencia profesional de los cuales años o 5 proyectos de geotermia para comprobar experiencia en geotermia.
Asesor o Líder Químico	Geólogo o Ingeniero Geólogo o Químico o Ingeniero Químico Con Maestría	Uno (1)	100%	Ocho (8) años de experiencia profesional de los cuales años o 5 proyectos de geotermia para comprobar experiencia en hidrología o hidrogeología geoquímica ambiental
Asesor o Líder SIG	Geólogo o Ingeniero Geólogo o Ingeniero catastral o geodesta con Maestría	Uno (1)	100%	Ocho (8) años de experiencia profesional de los cuales años o 5 proyectos de geotermia para comprobar experiencia en de Información Geográfica
Asesor o Líder de Análisis de Datos	Geólogo o Ingeniero Geólogo, o Biólogo o Matemático o Ingeniero de sistemas o profesional en áreas de la estadística con Maestría.	Uno (1)	100%	Ocho (8) años de experiencia profesional de los cuales años o 5 proyectos de geotermia para comprobar experiencia en modelamiento de datos modelamiento numérico geoestadística o ingeniería de datos o inteligencia artificial

Se solicita a las empresas o instituciones que acompañen la respuesta a este sondeo, con su propuesta técnica detallada, haciendo énfasis en los productos/entregables solicitados y las subactividades que desarrollarán, así como el valor agregado que ofrecen.

Para la propuesta económica se debe diligenciar en la tabla adjunta (también en archivo Excel), donde se calcula el costo total de la propuesta con base en los productos/entregables establecidos, adicionalmente, se solicita indicar en la propuesta económica la tabla salarial del personal mínimo requerido, costos de licencias, softwares, y el factor multiplicador (F.M.) que conlleve el proyecto.

Las siguientes, son un ejemplo de las tablas que se deben diligenciar. El diligenciamiento debe hacerse en los archivos Excel adjuntos a la invitación. Se recomienda, además de devolver el archivo Excel diligenciado, imprimir las hojas en un pdf protegido por contraseña.

PRESUPUESTO DE GASTOS PROYECTO INVENTARIO DE FUENTES HIDROTERMALES

	CONCEPTO/PRODUCTO	VALOR FINAL
1	INVENTARIO DE FUENTES HIDROTERMALES - - Incluye la recolección de muestras y demás gastos asociados	\$ -
2	ANALISIS DE LABORATORIO - - Incluye todos los ensayos de laboratorio y demás gastos asociados	\$ -
3	INTERPRETACION Y CARACTERIZACION DE LAS FUENTES TERMALES	\$ -
4	MAPA DE GRADIENTE TERMAL Y FLUJO DE CALOR	\$ -
TOTAL PRODUCTOS		\$ -
IVA 19%		\$ -
TOTAL COTIZACION		\$ -

Nota: Los valores se encuentran en pesos Colombianos (COP) incluidos todos los costos logísticos, administrativos, financieros, técnicos, equipos, softwares, licencias, y demás indispensables para el cumplimiento del objeto y el alcance del eventual contrato.

Debe tener en cuenta que el valor total de productos calculado en esta hoja debe coincidir con el valor SUBTOTAL (Total antes de IVA) de la hoja **Consolidado**

Se solicita que el software, la recolección de muestras y ensayos de laboratorio sean cotizados en detalle de acuerdo con las siguientes tablas. Se aclara que los valores de los productos de la anterior tabla deben tener integrados los valores de software, recolección de muestras y ensayos de laboratorio. El archivo Excel adjunto ofrece más claridad al respecto.

ALQUILER DE SOFTWARE ESPECIALIZADO				
TIPO DE ELEMENTO	UNIDAD	A - CANTIDAD	B - VALOR UNITARIO	SUBTOTAL (A*B)
Software ARCGIS	Licencia			\$ -
Otro Software (Modelamiento de datos químicos)	Licencia			\$ -
Otro Software (Modelamiento geoestadístico - Minería de Datos)	Licencia			\$ -
SUBTOTAL ALQUILER SOFTWARE				\$ -

RECOLECCIÓN DE MUESTRAS			
TIPO DE ELEMENTO	A - CANTIDAD	B - VALOR UNITARIO	SUBTOTAL (A*B)
Costo global de recolección por cada muestra de AGUAS, incluyendo los gastos asociados de personal, viáticos, transportes, materiales para la recolección y transporte de la muestra desde el sitio de recolección hasta su destino final en los laboratorios donde se realizarán los diferentes análisis	150		\$ -
Costo global de recolección por cada muestra de GAS, incluyendo los gastos asociados de personal, viáticos, transportes, materiales para la recolección y transporte de la muestra desde el sitio de recolección hasta su destino final en los laboratorios donde se realizarán los diferentes análisis	30		\$ -
SUBTOTAL RECOLECCIÓN DE MUESTRAS			\$ -

ENSAYOS DE LABORATORIO	A - CANTIDAD	B - VALOR UNITARIO	SUBTOTAL (A*B)
Análisis In-Situ	150		\$ 0.0
Análisis de Aguas	150		\$ 0.0
Análisis de Gases	30		\$ 0.0
SUBTOTAL ENSAYOS DE LABORATORIO			\$ 0.0

Se solicita no modificar la tabla para efecto de comparación de propuestas.

PRESENTACIÓN DE INQUIETUDES Y OBSERVACIONES: Las firmas interesadas podrán presentar la inquietudes u observaciones que surjan del presente sondeo de mercado al correo electrónico: estudios.mercado@anh.gov.co, antes del día 06 de julio de 2023.

ENTREGA DE INFORMACIÓN DEL SONDEO DE MERCADO: Las firmas invitadas deberán presentar la información solicitada en el presente sondeo de mercado al correo electrónico: estudios.mercado@anh.gov.co, antes del día 14 de julio de 2023.

Es pertinente resaltar que los proveedores interesados en presentar cotización podrán realizar aportes en cuanto a los requisitos técnicos aquí exigidos, siempre que los mismos apunten a la satisfacción de la necesidad descrita y del objeto del proceso de contratación, para lo cual deberán incluirlo dentro de su cotización, indicando los valores de esos criterios técnicos, además de los solicitados en la presente cotización

Adicionalmente, Con el fin de identificar variables que puedan ser analizadas en la estructuración de estadísticas y resultados del ejercicio de cotización, se solicita brindar respuesta a las siguientes preguntas:

1. Por favor indicar si usted tiene la condición de mipyme. Marque con una (X)
SI ____ NO ____
2. ¿Cuántas mujeres tiene usted vinculadas en su empresa?

Cordialmente,



Carlos Alberto Rey González
Vicepresidente Técnico (E)
Agencia Nacional de Hidrocarburos

Aprobó: Sait Khurama Velázquez – Gerente de Gestión del Conocimiento/Componente Técnico

Revisó: Nelson Gregorio Lizarazo Suarez/Experto G3 Grado 6/Componente Técnico

Revisó: Juan Carlos Ramírez Arias/Contrato No 241 de 2023/Componente Técnico