Economía
Secretaría de Economía

SGM
SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO



RESUMEN EJECUTIVO

Manifestación de Impacto Ambiental

Particular modalidad: Sin actividad altamente riesgosa

Exploración Geológica en el área La Unión

Contenido

I. DECLARACIÓN DEL AVANCE QUE GUARDA EL PROYECTO AL MOMENTO DE ELABORAR EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 4
II. TIPO O ACTIVIDAD QUE SE PRETENDE LLEVAR A CABO 4
III. SUSTANCIAS QUE SERÁN UTILIZADAS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO 5
IV. RESIDUOS QUE SE GENERARÁN EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO Y DESTINO FINAL DE LOS MISMOS 5
V. NORMAS OFICIALES MEXICANAS QUE RIGEN EL PROCESO 6
VI. TÉCNICAS EMPLEADAS PARA LA DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO, BIÓTICO Y SOCIOECONÓMICO 7
VII. UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO EN UN PLANO, DONDE SE ESPECIFIQUE LA UBICACIÓN DEL PREDIO 7
VIII. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EN QUE SE DESARROLLARÁ LA OBRA O ACTIVIDAD 10
IX. SUPERFICIE REQUERIDA PARA EL PROYECTO 14
X. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES 15
XI. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL 16
XII. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL 17
XIII. CONCLUSIONES 21

Figuras

FIGURA 1. ÁREA DE ESTUDIO 8
FIGURA 2. ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO. 9
FIGURA 3. ESQUEMA DE LA DETECCIÓN, ANÁLISIS DE CAUSAS E IMPLEMENTACIÓN DE ACCIONES. 21

Tablas

TABLA 1. LOCALIZACIÓN DE BARRENOS Y PLANILLAS DE BARRENACIÓN. 4
TABLA 2. MATERIAL Y SUSTANCIAS A UTILIZAR DURANTE LA EXPLORACIÓN POR BARRENACIÓN. 5
TABLA 3. RESIDUOS QUE SE GENERARÁN EN EL PROYECTO DE EXPLORACIÓN POR LA BARRENACIÓN A DIAMANTE EN EL ÁREA DE ESTUDIO. 6
TABLA 4. NORMAS OFICIALES MEXICANAS APLICABLES AL PROYECTO. 6
TABLA 5. CRITERIOS A CONSIDERAR PARA LA VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS IDENTIFICADOS. 15
TABLA 6. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN GEOLÓGICA. 16
TABLA 7. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL POR FACTOR. 18

I. DECLARACIÓN DEL AVANCE QUE GUARDA EL PROYECTO AL MOMENTO DE ELABORAR EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

En el presente proyecto se han realizado trabajos de levantamientos cartográficos geológico-mineros a diferentes escalas, en las que se desarrolla una prospección mediante trabajos de campo a detalle, mismos que permiten realizar una interpretación estructural, apoyada en imágenes satelitales, geofísica aeromagnética de campo total y muestreo geoquímico de sedimentos de arroyo, identificando así los sitios propuestos para realizar exploración directa dentro del área La Unión ubicada en el municipio de Sultepec, Estado de México.

II. TIPO O ACTIVIDAD QUE SE PRETENDE LLEVAR A CABO

El proyecto corresponde a una nueva actividad, en la que se pretende desarrollar exploración geológica, a través de 19 sondeos por el método de barrenación a diamante en el mismo número de planillas. La barrenación consiste en una perforación de manera vertical o con cierta inclinación penetrando el suelo y roca en una inclinación que dependerá de las características geológicas del sitio. Este método se realiza con maquinaria especializada, la cual procura el cuidado del medio ambiente utilizando sustancias biodegradables y de agua recirculada. Como resultado de la barrenación se obtendrán núcleos de roca, mismos que serán analizados para realizar el estudio geológico en el subsuelo y poder definir las características del mismo.

La distribución de los barrenos se realizó de tal manera que se obtenga el mayor grado de información geológica, procurando se realicen, en áreas desprovistas de vegetación arbórea y en las que el acondicionamiento del terreno implique una intervención mínima al medio natural, a fin de reducir al mínimo el impacto al ambiente. En la Tabla 1 se presentan las coordenadas de las planillas donde se pretenden realizar las barrenaciones correspondientes.

Tabla 1. Localización de barrenos y planillas de barrenación.

No. de Planilla de barrenación	Coordenadas UTM-14N		Elevación (msnm)	Inclinación	Profundidad programada (m)
	mE	mN			
BDU - 01	394789	2084171	1906	- 65°	550
BDU - 02	395005	2084577	1986	- 55°	600
BDU - 03	395250	2084762	2010	- 75°	650
BDU - 04	394690	2083460	1754	- 55°	450
BDU - 05	395117	2084058	1874	- 55°	650
BDU - 06	395507	2084579	1956	- 75°	550
BDU - 07	395198	2083688	1768	- 60°	600
BDU - 08	395595	2084299	1919	- 75°	550
BDU - 09	395314	2083357	1710	- 70°	400
BDU - 10	395501	2083618	1730	- 65°	400
BDU - 11	395815	2084007	1794	- 70°	400
BDU - 12	396028	2084292	1854	- 70°	450
BDU - 13	395374	2082947	1806	- 70°	400
BDP - 01	393384	2085141	2076	- 75°	300
BDP - 02	393528	2085011	2044	- 70°	300

No. de Planilla de barrenación	Coordenadas UTM-14N		Elevación (msnm)	Inclinación	Profundidad programada (m)
	mE	mN			
BDP - 03	393710	2084919	2015	- 80°	300
BDA - 01	394158	2084253	1938	- 60°	300
BDA - 02	394326	2084207	1974	- 65°	300
BDA - 03	394594	2084140	1953	- 65°	300
Total =					8,450

Para cada planilla se tienen contempladas dimensiones máximas de 5 x 5 m, dentro de las cuales se instalará la maquinaria necesaria para desarrollar la barrenación a diamante, así como equipo complementario para la recirculación del agua y control de los residuos generados. La profundidad total de la suma de los barrenos será de 8,450 m lineales, con un diámetro aproximado a 10 cm.

III. SUSTANCIAS QUE SERÁN UTILIZADAS EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO

En la Tabla 2 se presentan los materiales, sustancias y equipos necesarios para la realización del proyecto de exploración por barrenación a diamante.

Tabla 2. Material y sustancias a utilizar durante la exploración por barrenación.

Materiales / sustancias / equipos	Etapa del proyecto
Perforadora tipo portátil	Exploración por barrenación a diamante.
Camioneta tipo pick-up.	Traslado de personal y/o materiales durante todas las etapas.
Depósitos portátiles.	Exploración por barrenación a diamante.
Agua.	Exploración por barrenación a diamante.
Linseed Soap (grasa lubricante de linaza).	Exploración por barrenación a diamante.
Ezee-Trol (polímeros a base de celulosa).	Exploración por barrenación a diamante.
CR-650 (polímero granular).	Exploración por barrenación a diamante.
Cemento.	Etapa de abandono del sitio.
Gasolina.	Traslado de personal, exploración por barrenación a diamante y abandono.
Diésel.	Exploración por barrenación a diamante.
Aceite y grasa	Exploración por barrenación a diamante.

IV. RESIDUOS QUE SE GENERARÁN EN LAS DIFERENTES ETAPAS DEL PROYECTO Y DESTINO FINAL DE LOS MISMOS

Derivado de las obras de barrenación se contempla la generación de lodos de perforación (concentración de material del estrato rocoso y agua con aditivos biodegradables), mismos que serán vertidos a favor de las pendientes de tal forma que se reincorporen al suelo, también se prevé la emisión de gases a la atmósfera producto de la combustión de la máquina, sin embargo, se consideran incipientes toda vez que la capacidad de carga para el ecosistema adyacente será mínima. En lo referente al ruido emitido durante los trabajos de barrenación, estos dependerán de la maquinaria a utilizar por la empresa subcontratada, sin embargo, se espera que el ruido solo hará que se ahuyente la fauna local que hasta cierto punto favorece a que no se acerquen a las

planillas y pudieran sufrir algún accidente, no existe forma de controlar el ruido producido por la maquinaria, sin embargo, ocurrirá exclusivamente durante los trabajos de barrenación.

Para las actividades de mantenimiento de los vehículos a utilizar en el proyecto, no se contempla la instalación de un sitio especial para dicha actividad en el área, ya que su ejecución será en la cabecera municipal de Sultepec. En lo que respecta al equipo de barrenación, a este se le realizarán servicios de mantenimiento preventivo *in situ* los cuales consistirán en el cambio de aceite, es importante mencionar que esto se realizará teniendo la instrucción de no dispersar o derramar aceites en el área de trabajo o fuera de ella; por lo que será necesaria su recolección rutinaria. La disposición de los residuos se hará en recipientes cerrados y resguardados en lugares aislados y seguros, dentro de alguna de las superficies ocupadas por las obras que se llevarán a cabo, para su posterior envío al sitio de disposición final. En la Tabla 3 se presentan los residuos que el proyecto de exploración generará en su aplicación.

Tabla 3. Residuos que se generarán en el proyecto de exploración por la barrenación a diamante en el área de estudio.

Residuo	Etapa del proyecto	Destino final
Lodos (Mezcla de agua, lubricantes vegetales y partículas de roca y suelo)	Exploración por barrenación a diamante.	Zonas desprovistas de vegetación.
Restos de maleza y vegetación herbácea	Acondicionamiento de planillas de barrenación.	Áreas de borde definidas, con la finalidad de que los residuos vegetales se reincorporen al suelo.
Residuos sólidos urbanos	Acondicionamiento de planillas de barrenación, exploración por barrenación a diamante y abandono.	Se almacenarán temporalmente donde se asegure una adecuada protección del suelo y el control de la dispersión de materiales ligeros, para su posterior traslado al sitio de disposición final autorizado por el municipio de Sultepec.
Gases de combustión interna	Exploración por barrenación a diamante.	Atmósfera.
Aceite de motor	Exploración por barrenación a diamante.	Sitio de disposición final con que cuente el municipio.

V. NORMAS OFICIALES MEXICANAS QUE RIGEN EL PROCESO

En la Tabla 4 se presentan las Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto de exploración por barrenación a diamante en el área de La Unión.

Tabla 4. Normas Oficiales Mexicanas aplicables al proyecto.

Norma Oficial Mexicana	Vinculación al Proyecto
NOM-120-SEMARNAT-2020. Que establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical. caducifolio, bosque de coníferas o encinos, publicada en el DOF el 11 de noviembre de 2020.	Esta Norma es aplicable al proyecto debido a que es la base para el cálculo de áreas y superficies que se emplearán para el acondicionamiento de planillas de barrenación y las medidas aplicables de protección ambiental.
NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-	Mientras duren las actividades de exploración y en el caso de encontrarse con especies protegidas por esta Norma, se tendrá cuidado de identificar y

Norma Oficial Mexicana	Vinculación al Proyecto
Lista de especies en riesgo. Modificación publicada en el DOF el 04 de marzo de 2020.	proteger a los individuos que sean observados durante los trabajos.

Fuente: Elaboración propia con datos de las NOM.

VI. TÉCNICAS EMPLEADAS PARA LA DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO, BIÓTICO Y SOCIOECONÓMICO

Se utilizó la información vectorial y documental para identificar los instrumentos de política ambiental y rasgos climáticos, hidrológicos, edafológicos, bióticos y de uso de suelo, así como la posible incidencia de áreas naturales protegidas, regiones terrestres prioritarias, regiones hidrológicas prioritarias y áreas de importancia para la conservación de aves que pudieran presentarse en el área de estudio.

Una vez identificados los elementos que inciden en el área de estudio, se procedió a conformar el sistema de información geográfica del proyecto, mediante la información vectorial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en materia de clima, edafología, localidades rurales, localidades urbanas, relieve, curvas de nivel y cartas topográficas; con respecto a la parte hidrológica y geológica se empleó información de la Comisión Nacional del Agua y del Servicio Geológico Mexicano (SGM), respectivamente, asimismo se consultó bibliografía adicional para detallar la parte biológica del área del proyecto, tales como, el libro de Vegetación de México y, finalmente, se complementó y detalló la información bibliográfica con la verificación en campo.

VII. UBICACIÓN FÍSICA DEL PROYECTO EN UN PLANO, DONDE SE ESPECIFIQUE LA UBICACIÓN DEL PREDIO

El presente proyecto de exploración se ubica al norte del municipio de Sultepec, dentro de la región sur del Estado de México y próximo a los límites de los municipios de Tejupilco, Texcaltitlán y Almoloya de Alquisiras, en la zona denominada como La Unión. Para el desarrollo de la exploración se contempla el acondicionamiento de planillas, trabajos de barrenación y programa de abandono del sitio, este último corresponde al sellado de barrenos, así como a la implementación de medidas de prevención y/o mitigación desde el inicio hasta el fin de la exploración, en la Figura 1, se muestra el área de estudio, mientras que en el Anexo III se presentan las coordenadas y clave de los vértices dentro del mapa doble carta en el que se observa cada uno de ellos.

En la Figura 2 se observan las vías de accesos al área de estudio, en el Anexo IV se presenta el plano del área de estudio con la distribución de los barrenos.

Cabe señalar que no se contempla la creación o rehabilitación de caminos, ya que se utilizarán los existentes, sin embargo, se planea la rehabilitación de 882.7 m de veredas que los locatarios utilizan para acceder a áreas de pastoreo.



Figura 1. Área de estudio
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2025a).

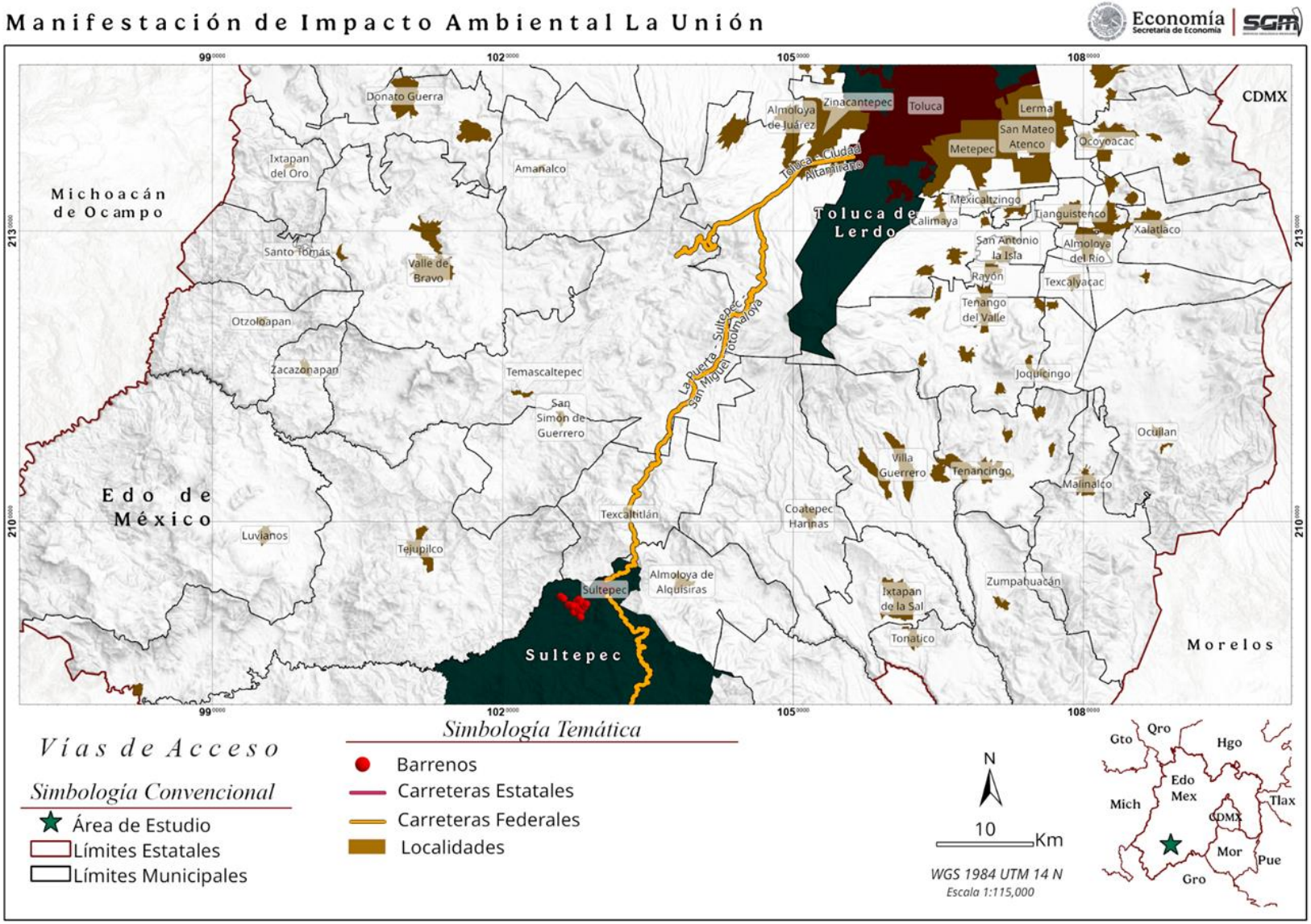


Figura 2. Acceso al área de estudio.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2025a) y SGM (2025).

VIII. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EN QUE SE DESARROLLARÁ LA OBRA O ACTIVIDAD

El Sistema Ambiental (SA) se definió de acuerdo al marco conceptual establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en donde menciona que el SA es un espacio finito definido con base en las interacciones entre los medios abiótico, biótico y socioeconómico de una región, y está formado por un conjunto de ecosistemas cuya dinámica es relevante para la evaluación del impacto potencial de un proyecto. Por lo que las características del sitio se describen en función del SA definido.

En el SA se identificó la incidencia de dos unidades climáticas: 1) semicálido subhúmedo con clave (A)C(w_2), y 2) Templado Subhúmedo con clave C(w_2). En el primer caso la unidad climática corresponde al grupo de los climas cálidos, presenta una temperatura media anual mayor a los 18 °C, sin embargo, el mes más caluroso es mayor a 22 °C pertenece a los semicálidos de los templados, el régimen de lluvia corresponde al subhúmedo, caracterizado por un régimen de lluvia en verano y escaso todo el año o de invierno, la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm. En el segundo caso, corresponde al grupo templado, con una temperatura media anual entre los 12 °C y 18 °C, presenta una temperatura media que fluctúa entre los -3 °C y los 18 °C, en contraste el mes más caluroso alcanza temperaturas de 22°C. El subgrupo pertenece a los templados de los templados, cabe señalar que, el régimen de lluvia corresponde al subhúmedo, caracterizado por tener lluvias en verano, la precipitación del mes más seco es menor de 40 mm.

Respecto al análisis de precipitaciones, se identificó que en los meses en los que mayor registro de precipitaciones existe corresponden los meses de junio a octubre, en contraparte, los meses en los que menor precipitación hay son diciembre, enero, febrero, marzo y abril. El promedio de las precipitaciones registradas en los meses con mayor ocurrencia fluctúa entre los 295 mm a 250 mm.

Referente al uso de suelo y vegetación, conforme a INEGI (2021b), en el SA incide, pastizal inducido con 25.57%, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino-pino abarcando 21.08%, bosque de pino-encino con 18.19%, vegetación secundaria arbórea de bosque de encino con 13.09%, agricultura de temporal anual con 11.08%, vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino con 9.57% y bosque de encino con 1.42%.

Con base en la información recopilada en campo, se realizó un análisis en donde se identificó que el total de las especies presentes en el muestreo del SA, corresponde a 54 plantas vasculares, las cuales se clasifican en 20 familias y 46 géneros. Las familias que cuentan con más especies son: Asteraceae (12 especies), Poaceae (8 especies), Fabaceae (6 especies), Fagaceae (5 especies), Lamiaceae (4 especies), Cupressaceae (3 especies), Apiaceae y Cactácea (2 especies, respectivamente); el resto de las familias están compuestas únicamente por una especie. De las especies catalogadas con probabilidad de incidencia, cuatro se encuentran sujetas a alguna categoría de la Norma Oficial Mexicana NOM-059 de la SEMARNAT (2020): *Cupressus lusitánica* (cedro blanco) y *Cedrela odorata* (cedro rojo) se encuentran bajo el estatus Sujeto a Protección

Especial (Pr); *Astrophytum myriostigma* (bonete) es categorizada como una especie Amenazada (A); y *Platymiscium lasiocarpum* (granadilla) es considerada una especie en Peligro de Extinción. Sin embargo, es importante recalcar que, ninguna de las especies mencionadas fue registrada dentro de las planillas de barrenación. Respecto al análisis de diversidad ambiental, se concluyó que el SA presenta diversidad intermedia (media-alta), principalmente por tres factores: 1) Tipo de vegetación, 2) Extensión del SA clasificado como microcuenca y 3) Existencia de variabilidad entre unidades de muestreo.

Con base en los resultados obtenidos del análisis, se indica que, el SA presenta una diversidad no homogénea, es decir, existe variabilidad entre las unidades de muestreo. En este contexto, el índice de diversidad de Shannon-Wiener en promedio, considera que, la equidad de los sitios en relación a la distribución y abundancia de especies, es considerablemente alta, pues casi todos los valores se encuentran por encima de 0.5. En términos generales, los resultados obtenidos indican que, el área de estudio presenta uniformidad alta en la abundancia de las especies, reiterando que, existen pocas especies dominantes. Por otro lado, se determinó que, las especies con menor valor de frecuencia corresponden a especies raras, que tienen poca abundancia, dominancia, y frecuencia; por ende, suelen tener mayor susceptibilidad a un cambio en el caso de presentarse algún tipo de perturbación ambiental. Se identificó que *Ageratina adenophora* (Flor de espuma)*, Antigonon leptopus* (San Miguelito)*, Asclepias glaucescens* (Viborona)*, Eryngium heterophyllum* (Hierba del sapo) y *Vachellia farnesiana* (Huizache) son especies que se encuentran presentes en más del 50% de los transectos realizados.

En lo que respecta a la fauna con probabilidad incidencia en el SA, existen diez especies de fauna, de las cuales, únicamente *Taxidea taxus* (tlalcoyote), se encuentra bajo la categoría de A (Amenazada), según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Cabe señalar que, en caso de observar dicha especie, se realizará ahuyentamiento, sin embargo, durante los recorridos de campo, no se observaron refugios o nidos en las planillas, por lo tanto, la probabilidad de realizar un avistamiento de estas especies es muy baja.

Además, se caracterizó la fauna incidente en el SA, contemplando muestreos en 5 transectos con una longitud de 2,146.4 m, y 7 estaciones olfativas y una cámara trampa. De acuerdo a los análisis realizados en campo, se identificó que el *Eugenes fulgens* (colibrí magnífico) es una especie incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Sin embargo, este individuo no se verá afectado por los trabajos que se realizarán en la zona ya que será ahuyentado por el ruido de las actividades a realizar.

En alusión a las características edafológicas del SA, se identificaron las unidades correspondientes a cambisol, regosol y luvisol; siendo esta última unidad la que incide con los barrenos propuestos. La primera unidad correspondiente al cambisol se caracteriza por presentar suelos jóvenes, entre los horizontes se puede apreciar el cambio de color y el contenido de arcilla. El patrón climático en donde se desarrollan no está definido, sin embargo, en el subsuelo presentan una capa más parecida a la superficial que a la roca, además, contienen acumulaciones

moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla. Tienen de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Por lo general, estos suelos son adecuados para fines agrícolas y se utilizan intensivamente.

Respecto a la unidad de suelo regosol, son suelos pedregosos, de color claro en general, y se parecen a la roca del material parental. Son comunes en las regiones montañosas o áridas de México, asociados con frecuencia a leptosoles. En este contexto, la última unidad que corresponde a los leptosoles se caracteriza por presentar suelo muy delgado sobre roca continua y por suelos extremadamente ricos en fragmentos gruesos. El material parental lo constituyen varios tipos de roca continua o de materiales no consolidados con menos del 20% (en volumen) de tierra fina. Se encuentran en terrenos de todas las zonas climáticas (muchas de ellas en zonas secas cálidas y frías), particularmente en áreas intensamente erosionadas. Los tipos de vegetación más asociados a los afloramientos rocosos son el matorral desértico rosetófilo, la selva baja caducifolia y el bosque de encino.

En lo que concierne a los luvisoles, presentan un mayor contenido de arcilla en el suelo subsuperficial que en la capa superior del suelo, como resultado de los procesos edafogenéticos (especialmente migración de arcillas). En México se presentan como suelos rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes. Estos son generalmente fértiles para la agricultura y son el quinto grupo de suelos con mayor extensión sobre el país.

De acuerdo a lo anterior, los componentes edáficos no tendrán impactos significativos debido a que el acceso a las zonas de interés será por veredas existentes, en caso de que se requiera nivelación, en pendientes superiores a 15 ° será necesario para instalar maquinaria, sin embargo, las medidas de prevención y mitigación para este supuesto, se consideran en la presente Manifestación de Impacto Ambiental.

Los componentes litológicos en el SA, se conforman por afloramientos de basaltos, riolitas, calizas-lutitas, esquistos-filitas. La unidad más antigua corresponde al esquisto Tejupilco con edad del Triásico Superior al Jurásico Inferior. Las rocas que la componen son una secuencia vulcanosedimentaria que presenta un metamorfismo de bajo grado de la facie de esquistos verdes, que afloran en la mayor parte del área de interés. La unidad de caliza-lutita con edad del Cretácico Inferior se caracteriza por presentar una alternancia de caliza arcillosa con estratificación laminar a delgada-ocasionalmente gruesa en estratos que no sobrepasan los 20 cm, además se identifica interestratificación con arenisca calcárea y lutitas en capas delgadas que muestran deformación intensa donde se visualizan zonas con plegamientos.

También aflora la riolita Tilzapotla con edad del Oligoceno, conformada por afloramientos de riolita y toba riolítica. Presenta textura afanítica y estructura compacta, y contiene cuarzo, óxidos, vidrio y micas (biotita). La toba muestra una tonalidad blanca-crema, textura fanerítica y estructura compacta; en ella se observan cuarzo, fragmentos de roca, vidrio, óxidos de hierro y micas. Por

último, se presenta la unidad conformada por basalto con edad del Pleistoceno, su textura es afanítica con estructura compacta y sectores con fuerte oxidación con espesores de 40 m.

Respecto a la hidrología subterránea el SA incide en el acuífero 1208, Altamirano-Cutzamala, es un acuífero de tipo libre constituido por dos unidades hidrogeológicas. La unidad superior se compone por un medio granular, poroso conformado por depósitos aluviales, fluviales, materiales, consolidados y no consolidados, con permeabilidad media-baja y se ubican en los cauces de los ríos y arroyos, así como en los pequeños valles intermontanos. En lo que respecta a la unidad inferior se constituye dentro de un medio fracturado compuesto por rocas volcánicas, volcanosedimentarias y sedimentarias, con permeabilidad secundaria por procesos de fracturamiento y alteración.

Con base en lo anterior, es importante mencionar que ninguna de las corrientes descritas se localiza en las planillas de barrenación programadas, existe un aguaje identificado en los recorridos de campo, utilizado con fines ganaderos. Cabe señalar que, en el área de estudio no se presentan asentamientos humanos, no obstante, existe interacción de actividades antropogénicas con el SA debido a prácticas ganaderas y de agricultura que se llevan a cabo dentro, así como en áreas aledañas de la zona de interés. Se debe considerar que, por la naturaleza del proyecto, no será necesario solicitar permisos para el uso de aguas subterráneas, ya que las planillas de barrenación se ubicarán fuera de los arroyos o corrientes para evitar el depósito de sedimentos.

Con base en lo descrito previamente, en el SA incide en la RTP-120. Sierras de Taxco-Huautla, la cual se destaca por presentar, es catalogada como un área en donde se constituye un reservorio de especies endémicas y agrupa una amplia representatividad de ecosistemas. El tipo de vegetación predominante es el de bosque de encino con diferente proporción de asociación con pino, aunque la diversidad de ecosistemas incluye también selva baja caducifolia, así como áreas perturbadas, en donde se presenta agricultura de temporal y pastizal inducido.

En lo que concierne a los instrumentos de política ambiental, planes de desarrollo a nivel federal, estatal y municipal de Sultepec, Estado de México, que funge como sede del proyecto se identificó dentro del Programa de Ordenamiento General del Territorio la incidencia de la UAB 67. Depresión del Balsas, que estipula estrategias ecológicas enfocadas a la sustentabilidad ambiental del territorio. Referente a las actividades rectoras del desarrollo son la minería y la preservación de flora y fauna las políticas ambientales están encaminadas al aprovechamiento de recursos de manera sustentable, protección y restauración de los recursos naturales, además, se contemplan acciones para dar cumplimiento a cada una de las estrategias previstas por la UAB.

En este marco, de acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México (POETEM), en el SA se identificaron dos UGA, denominadas UGA.1212 y UGA.1253, las cuales presentan políticas de conservación y aprovechamiento sustentable- restauración. Los usos permitidos de la primera UGA contemplan: forestal maderable, forestal no maderable, ganadería extensiva, infraestructura, minería, turismo alternativo; mientras que la segunda: agricultura, forestal maderable, forestal no maderable, infraestructura, minería y turismo alternativo.

Aludiendo al ámbito estatal, el proyecto en comento se vincula con Plan de Desarrollo del Estado de México (PEDEM 2023-2029), instrumento del gobierno del Estado que traza los objetivos y directrices de las políticas públicas donde, de acuerdo con la naturaleza del proyecto, se alinea al Eje III. Empleo digno y desarrollo económico, vinculado con el objetivo 3.1 Impulsar el empleo digno y el desarrollo económico para mejorar el ingreso y el bienestar de la población; también con el objetivo 3.3 Consolidar a la entidad como un polo de desarrollo económico, competitivo y con atracción de inversiones, estrategia 3.3.3 Fortalecer las cadenas de valor en el Estado de México desde el sector primario al terciario, destacando la línea de acción 3.3.3.10 Fomentar el aprovechamiento sostenible de los recursos minerales del Estado. En este contexto, de acuerdo con el instrumento estatal mencionado, se pretende incentivar el aprovechamiento minero en la entidad, coadyuvando con empresas del sector, así como propiciar el desarrollo económico estatal y regional con la generación de empleos que permitan una derrama económica para el beneficio de las comunidades, promoviendo la minería y prácticas ambientales responsables.

En este marco, el proyecto también se vincula en el ámbito municipal al (PDMS 2025-2027), destacando el Eje 3. Empleo digno y desarrollo económico “inclusión para el bienestar y la prosperidad, de acuerdo con el objetivo 3.1 Fomentar la creación de empleos dignos y promover el desarrollo económico de Sultepec a partir de la estrategia 3.1.2 Promover la apertura y operación de MiPymes en el municipio para aumentar la productividad y creación de empleos.

Cabe señalar que, las actividades contempladas para el desarrollo del proyecto generarán empleos con mayor remuneración y derrama económica en localidades aledañas, fomentando la actividad social y ambientalmente responsable, en el municipio de Sultepec, Estado de México, desarrollando el acervo geológico minero de la región. En este contexto, las actividades contempladas para el desarrollo del proyecto se efectuarán con estricto apego a la normatividad municipal, así como a las estrategias y líneas de acción descritas previamente, con el objetivo de incentivar el desarrollo de la región, vigilando el cuidado del medio ambiente.

IX. SUPERFICIE REQUERIDA PARA EL PROYECTO

Para llevar a cabo la exploración dentro del área de estudio se programaron un total de 19 barrenos. Con base en las características del equipo a utilizar en la perforación, se consideró la realización de una planilla de barrenación por cada barreno, con una superficie máxima de 5 x 5 m por cada una. La suma de las superficies de las 19 planillas, da un área total de 475 m^2.

Como se encuentra establecido en el apartado 4.2 Especificaciones particulares de la NOM-120-SEMARNAT-2020, se realizó el cálculo de la superficie de afectación por el área ocupada por las planillas de barrenación, obteniendo que el área a incidir es del 0.53 % que es igual a 475 m^2/ha.

$$\%\ de\ afectación = \left(\frac{Superficie\ planillas\ de\ barrenación}{Superficie\ del\ proyecto}\right) * 100$$

$$\%\ de\ afectación = \left(\frac{475\ m^2}{90{,}000\ m^2}\right) * 100 = 0.53\ \%$$

X. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Realizada la descripción del sistema social, económico y ambiental de la región donde se desarrolla el proyecto de exploración, se eligieron los siguientes métodos para identificar los impactos ambientales y valorar los mismos:

- Cálculo de área de afectación (NOM-120-SEMARNAT-2020)
- Listas de verificación (NOM-120-SEMARNAT-2020)
- Matriz de valoración de impactos (Método RIAM)
- Matriz de interacciones (Método RIAM)

Los dos primeros puntos (cálculo del área de afectación y listas de verificación), se realizaron acorde con lo especificado en la NOM-120-SEMARNAT-2020.

Para la valoración de los impactos se utilizó la metodología del RIAM, por sus siglas en ingles *Rapid Impact Assessment Matrix*, donde los impactos identificados se clasifican en base a los criterios de importancia de la condición, magnitud del cambio/efecto, permanencia, reversibilidad y acumulación, y una vez que estos son definidos se les asigna una escala de acuerdo con la Tabla 5.

Tabla 5. Criterios a considerar para la valoración de los impactos identificados.

Criterio	Clave	Intervalos
Importancia respecto a la distribución espacial.	A1	4 = nacional/internacional 3 = regional/cuenca 2 = estados/municipios 1 = a nivel localidad 0 = no importante
Magnitud Beneficio / perjuicio	A2	+3 = mayor positivo +2 = mejora significativa +1 = menor 0 = sin cambio -1 = negativo -2 = negativo significativo -3 = cambio mayor
Permanencia	B1	1 = Sin cambio/no aplica 2 = temporal 3 = permanente
Reversibilidad	B2	1 = sin cambio/no aplica 2 = reversible

Criterio	Clave	Intervalos
		3 = irreversible
Acumulación	B3	1 = sin cambio/no aplicable 2 = no acumulativo/directo 3 = acumulativo/sinérgico

Fuente: Elaboración propia con datos de Pastakia.

Para el proceso de valoración, se incluyen las actividades contempladas para cada acción de interés con la finalidad de realizar el proyecto, en las que se contempla el acondicionamiento de las planillas de barrenación. El resultado de la valoración de los impactos generados por cada acción identificada, se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Evaluación de impacto ambiental de las actividades de exploración geológica.

Componente	Impacto identificado	Criterio				
		A1	A2	B1	B2	B3
Calidad del aire	Emisiones atmosféricas por la máquina perforadora	1	-1	2	2	1
	Emisión de partículas suspendidas (polvos).	1	-1	2	2	1
Ruidos y vibraciones	Emisión de ruido por máquina perforadora.	1	-1	2	2	1
	Generación de vibraciones por actividades de perforación en los sitios de barrenación.	1	-1	2	2	1
	Aumento en los niveles sonoros.	1	-1	2	2	1
Geología y geomorfología	Perforación del sustrato rocoso.	1	-1	3	3	2
Suelo	Erosión del suelo.	1	-1	2	2	2
	Remoción de cubierta superficial del suelo.	1	-1	2	2	2
Vegetación terrestre	Pérdida de cubierta vegetal ruderal, herbácea y arbustiva.	1	-1	2	2	2
Fauna	Perturbación temporal del hábitat de fauna silvestre.	1	-1	2	2	1
	Desplazamiento temporal de individuos de fauna local.	1	-1	2	2	1
Paisaje	Calidad del paisaje.	1	-1	2	2	1
	Visibilidad del paisaje.	1	-1	2	2	1
Demografía	Generación de empleos temporales.	1	1	2	1	1
	Rehabilitación de caminos y veredas existentes.	1	1	2	1	1
	Generación de residuos sólidos urbanos.	1	0	1	1	1

Esta tabla considera que las planillas de barrenación son áreas acondicionadas con limpieza manual de vegetación, nivelación menor del terreno, posible remoción de suelo superficial. Se trató de mantener una lectura equilibrada, sin sobredimensionar los impactos negativos, ya que, por la naturaleza de la actividad, los efectos son predominantemente temporales, reversibles y localizados. Los valores de A1 se asignaron en función de la escala municipal-local del impacto. Los impactos positivos también se incluyeron para balancear el análisis conforme a la metodología RIAM.

XI. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL

La exploración por barrenación a diamante y las actividades derivadas a esta no representa ningún riesgo al medio ambiente, por lo que no se realizó la evaluación de riesgo ambiental; tal identificación y evaluación no aplica para el presente proyecto.

XII. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

- **Objetivo del programa**

Identificar aspectos críticos desde el punto de vista ambiental mediante la supervisión por parte del encargado de la barrenación, el cual, deberá definir estrategias, tomar decisiones o modificar actividades que pudieran presentar algún efecto al SA y que se encuentren vinculadas al proyecto.

- **Estrategias de supervisión en el sitio del proyecto**

El Gerente de Hidrogeología y Geología Ambiental del Servicio Geológico Mexicano concertará una reunión de trabajo con el responsable técnico de la barrenación para explicar a detalle las condicionantes ambientales a las que quedará sujeto el proyecto, estableciendo en conjunto metas y acuerdos sobre la manera en que ejecutará sus actividades, de tal forma, que tanto él como su equipo de trabajo se apeguen en sentido estricto a todas las especificaciones de la MIA.

El responsable técnico de la barrenación deberá supervisar cada una de las medidas de supervisión enlistadas a continuación durante el desarrollo del proyecto.

- **Medidas de supervisión**
  - Se evitará la quema de maleza derivado al acondicionamiento de planillas de barrenación.
  - Se prohibirá el uso de herbicidas y productos químicos durante el acondicionamiento de planillas de barrenación.
  - Se vigilará que el material vegetal (herbáceo), removido por las actividades de preparación de planillas, sea depositado en áreas de borde bien definidas para su incorporación al suelo.
  - Se vigilará de manera estricta la prohibición de la caza, captura, daño, molestia y comercialización de especies de flora y fauna silvestre dentro y en las inmediaciones del área del proyecto.
  - Se verificará que la máquina perforadora cuente con su mantenimiento con la finalidad de reducir la emisión de ruido, humos y gases a la atmósfera.
  - Se revisará permanentemente el cumplimiento del envió de los residuos sólidos urbanos generados por las actividades al sitio de disposición final al cual indique el municipio de Sultepec, Estado de México.
  - Se constatará que se identifique un taller mecánico en el municipio de Sultepec, Estado de México, para el mantenimiento y reparación del equipo, con lo cual, entre otros, se evitará la contaminación con hidrocarburos al suelo (aun cuando los vehículos no accedan hasta el área de estudio).
  - Se tomarán medidas preventivas para que en las labores de perforación no se barrene el manto freático; de suceder, la supervisión notificará por escrito a la Comisión Nacional del Agua.

- Se vigilará que los mantenimientos del equipo de barrenación se realicen evitando derrames de aceites y grasas al suelo, conforme a la Norma, con lo cual se evitará la contaminación.
- Se verificará periódicamente el estado de la señalización informativa en los caminos de uso común, a fin de mantener en conocimiento de los transeúntes sobre la realización de actividades de barrenación.
- Se revisará que al final de los trabajos de exploración mediante barrenación, se limpien las áreas de trabajo y no quede ningún elemento ajeno al entorno paisajístico de la zona.

- **Seguimiento y monitoreo**

Teniendo en cuenta que las medidas de prevención, mitigación y compensación son la base del programa de vigilancia ambiental, recomendado en la Guía de SEMARNAT, su materialización solo estará completa cuando, en su caso, se cuente con las condicionantes que establezca la autoridad. En la Tabla 7 se muestra el Programa de Vigilancia Ambiental de las actividades de mitigación del proyecto, enumeradas en la tabla anterior (Tabla 6).

Tabla 7. Programa de vigilancia ambiental por factor.

Factor ambiental	Objetivos	Actividades	Unidades de medición y procedimiento	Periodo de monitoreo
Suelo	Suelo sin cobertura vegetal. Conservación del suelo removido. Erosión. Estabilización de planillas. Contaminación.	En las áreas donde únicamente se realizarán actividades de chapoleo, se evitará dejar áreas de terreno expuesto que faciliten la formación de escorrentías en épocas de lluvias. El retiro de la cubierta vegetal se realizará exclusivamente en las áreas proyectadas; se evitará afectar las superficies que no sean necesarias. Remover el mínimo necesario de suelo durante el despalme. Revisar permanentemente el cumplimiento de envío de los residuos sólidos urbanos generados por	Elaboración de reportes de monitoreo sobre el acondicionamiento de planillas de barrenación, en cuanto al estado del suelo y su cubierta vegetal, así como la supervisión para evitar la perturbación innecesaria de las áreas que se localicen fuera de los sitios operativos y, en dado caso, de la estabilización de superficies donde se realicen labores de estabilización de taludes por medio de despalme. - Registro fotográfico. Taller de educación ambiental respecto a la importancia del manejo de residuos y las consideraciones que debe de tomar en cuenta el personal para no contaminar la zona de trabajo. - Registro de asistencia. - Registro fotográfico. Elaboración de bitácoras del manejo de los desechos de	Se realizará mes a mes y de acuerdo con los avances del programa de barrenación.

Factor ambiental	Objetivos	Actividades	Unidades de medición y procedimiento	Periodo de monitoreo
		las actividades a sitios de disposición final en el municipio de Sultepec, Estado de México. Revisión de las bitácoras de mantenimiento del equipo y vehículos.	residuos sólidos generados y del mantenimiento y/o reparación de la maquinaria. Generación de una base de datos de la información obtenida de reportes asimismo de fotografías documentadas en el sitio.	
Geología	Barrenos.	Los barrenos deberán ser tapados para evitar la contaminación del medio rocoso y daños a la fauna local.	Se realizará un registro fotográfico que muestre evidencia de que al término de las actividades de barrenación cada boca de barreno quedará tapada con tubo de PVC (con tapa) y sellada con una pequeña losa de cemento, evitando así la contaminación del medio rocoso y daños a la fauna local.	Se realizará de acuerdo con los avances del programa de barrenación.
Aire	Polvos. Ruido. Contaminación.	Mantenimiento maquinaria utilizada para así reducir la emisión de contaminantes. Uso de agua mezclada con aditivos biodegradables para disminuir la generación de polvo o partículas en suspensión.	Se realizarán bitácoras de mantenimiento de la maquinaria utilizada en las labores del proyecto, en las cuales se registrará el cumplimiento con los programas de mantenimiento preventivo de los equipos. Durante la perforación, se usará agua mezclada con aditivos biodegradables para, además de procurar el enfriamiento, reforzamiento de las paredes y la estabilización de la barra perforadora, disminuir la generación de polvo o partículas en suspensión durante el proceso de barrenación. Esta acción es indispensable durante las labores de la perforación.	Se realizará mes a mes y de acuerdo con los avances del programa de barrenación.
Fauna	Protección de fauna silvestre. Avistamiento de fauna mediante métodos indirectos.	Prohibir la caza, captura, daño, molestia y comercialización de especies de fauna silvestre dentro y en las inmediaciones del área del proyecto.	Taller de educación ambiental respecto de la importancia de la conservación de la fauna silvestre y las consideraciones que debe de tomar en cuenta el personal. - Registro de asistencia. - Registro fotográfico.	Se realizará mes a mes y de acuerdo con los avances del programa de barrenación.

Factor ambiental	Objetivos	Actividades	Unidades de medición y procedimiento	Periodo de monitoreo
		En caso de localizar especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se dará aviso a las autoridades correspondientes.	Elaboración de reportes de monitoreo en base a los registros de los individuos de fauna avistados. Generación de una base de datos de la información resultante de los registros y reportes generados al igual que anexos fotográficos.	
Vegetación	Cobertura vegetal	Supervisar que el material vegetal (herbáceo), removido por las actividades de preparación de planillas, sea depositado en áreas de borde bien definidas para su incorporación al suelo. Se prohíbe realizar quemas de maleza, utilizar herbicidas y productos químicos.	Informes de monitoreo y seguimiento de preparación de planillas, en los cuales se deberá considerar lo siguiente: - Medición del área de planillas de barrenación, con el fin de que cumplan las especificaciones mencionadas en la MIA. - Revisión de la forma de acondicionar las planillas de barrenación de manera tal, que sea de forma manual por medio de chapoleo y no por medio de métodos indirectos. - Revisión de las zonas donde se deposite el material vegetal removido. - Registro fotográfico. Taller de educación ambiental respecto de la importancia de la conservación de la flora, del cual se deberá tener: - Registro de asistencia. - Registro fotográfico. Generación de una base de datos digital de los documentos generados (Informes y registros).	Se realizará mes a mes y de acuerdo con los avances del programa de barrenación.

Lo anterior se pretende lograr mediante el recorrido del área a barrenar, por parte del personal capacitado, así como, la elaboración de los informes de seguimiento que deberán ser presentados a los encargados de obra. En caso de que las medidas de mitigación o control resulten insuficientes o inadecuadas, se seguirá el esquema de trabajo de la Figura 3, con el fin de proponer nuevas medidas.

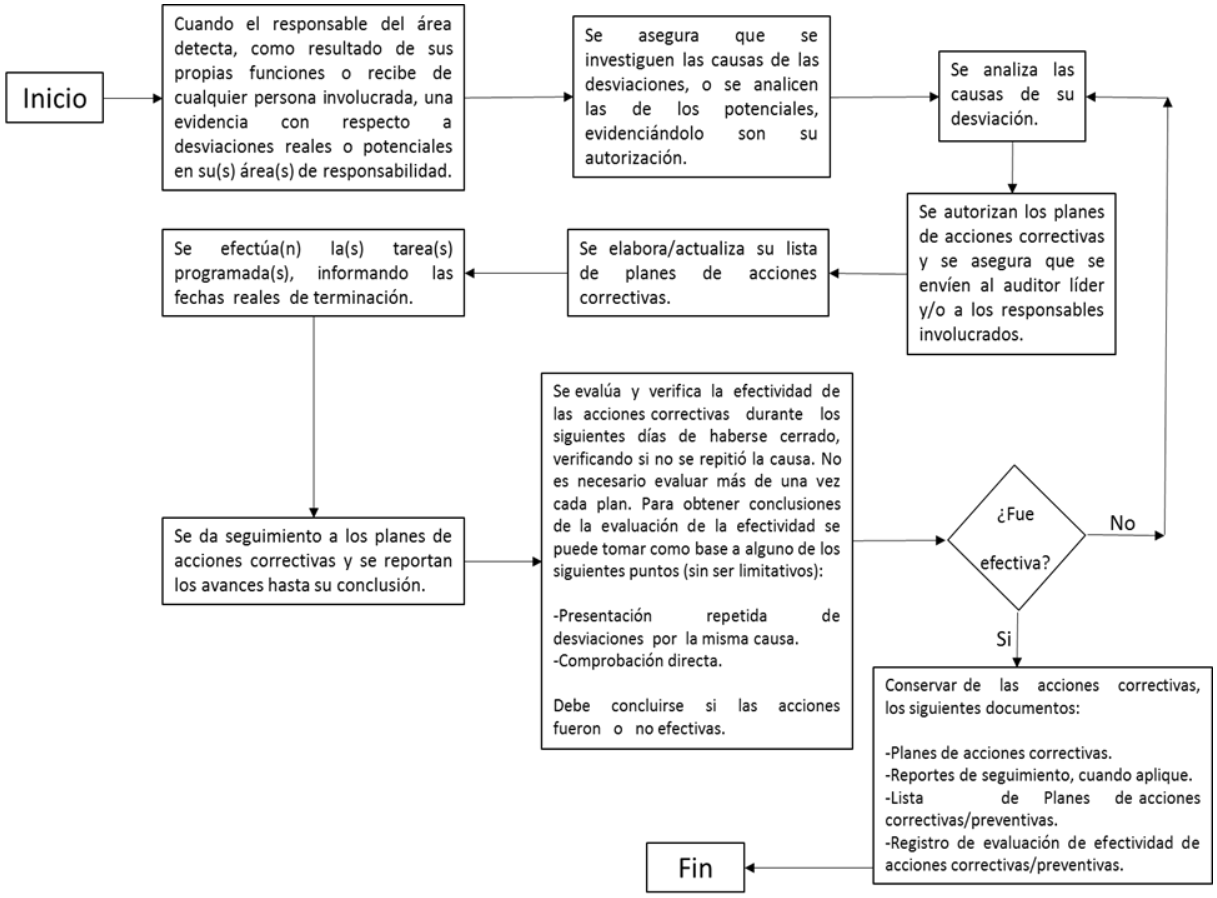


Figura 3. Esquema de la detección, análisis de causas e implementación de acciones.

XIII. CONCLUSIONES

Como resultado de las actividades previstas en el presente proyecto, se concluye que el impacto sobre los componentes ambientales —suelo, geología, aire, fauna, vegetación y paisaje— será de grado menor, no permanente y reversible. No obstante, el componente geológico sufrirá una mayor incidencia debido a la extracción de material rocoso para análisis composicional; esta acción puede generar efectos permanentes a nivel puntual, pero no implica un riesgo para la estabilidad del terreno ni para el manto acuífero, ya que el volumen extraído es reducido (diámetro de perforación de 10 cm). Además, la boca del barreno se tapará con un tubo de PVC con tapa y se sellará con una pequeña losa de cemento para evitar filtraciones de sustancias peligrosas hacia los cuerpos de agua subterráneos.

En cuanto a los beneficios derivados del desarrollo de este proyecto de exploración, la población de las localidades aledañas se verá favorecida, pues se requerirá la contratación de ayudantes y la adquisición de servicios y productos; de modo que, a una escala menor y de forma temporal, se generará una derrama económica proveniente del presente proyecto, beneficiando no solo al SGM sino también a la población en general.

La vegetación será otro componente afectado por las actividades a realizar; se considera que la perturbación generada no tendrá consecuencias irreversibles, ya que, dado el área permitida para la perforación (5 x 5 m) y su localización en zonas sin especies en peligro o endémicas, se estima que la vegetación afectada podrá regenerarse apropiadamente en el corto y mediano plazo.

Tomando en cuenta lo anterior, se puede afirmar que, si bien existirá perturbación y modificación del sitio de trabajo, estas serán mínimas y de bajo grado de impacto; el sistema ambiental podrá recuperarse de forma natural y a un ritmo adecuado, dejando los sitios muy cercanos a su estado original.