

ATENUACION NATURAL

Margot Bertol
GEODATA

SINOPSIS

La Atenuación Natural es un proceso de remediación relacionado con la degradación y disipación de los compuestos orgánicos en el agua subterránea. Este proceso se logra cuando existen en el sitio mecanismos que, naturalmente, generan una reducción del total de la masa o concentración de un contaminante disuelto en agua subterránea.

Este proceso de degradación es el resultado de una serie de procesos que se clasifican en Destructivos y No destructivos.

Entre los primeros se incluyen los procesos de biodegradación, oxidación abiótica e hidrólisis, mientras que los segundos están referidos a la sorción, dilución (causada por dispersión e infiltración) y volatilización.

La Biodegradación Natural puede ser medida mediante la generación de datos geoquímicos tales como Oxígeno Disuelto, Redox, Nitratos, Metano, Ion Ferroso, etc.

La presencia de estos electrones aceptores y productos metabólicos son indicadores críticos del grado y tipo de actividad biológica y subsecuentemente de la potencial Atenuación Natural en el Sitio.

INTRODUCCION

El interés por la tecnología conocida como Atenuación Natural (AN), se ha incrementado en los últimos años como resultado de las complejidades técnicas y mayores costos que ofrecen otros sistemas de remediación más convencionales.

En tanto las condiciones del sitio resulten favorables, hay una opinión cada vez más generalizada respecto a la selección de esta tecnología en reemplazo de aquellas que resultan intrusivas y donde las incertidumbres generadas por las complejidades hidrogeológicas, geoquímicas y bioquímicas obligan a desarrollar ingenierías cada vez más complejas y costosas.

Su aplicación como Acción Correctiva está avalada por la Norma ASTM E 1943/98.

OBJETIVOS

El trabajo que seguidamente se expone tiene por objeto establecer los principales conceptos que sirven de fundamento a la Atenuación Natural y las premisas básicas para su implementación.

DESARROLLO

Qué es la Atenuación Natural

El término es utilizado para referir al proceso natural que actúa en la reducción de la masa de un contaminante dado, a partir del cual es posible lograr los objetivos de limpieza específicos en un tiempo razonable.

La Atenuación Natural es una Acción Correctiva que, como su nombre lo indica, actúa en la degradación y disipación natural de los compuestos orgánicos presentes en el subsuelo. Como herramienta de remediación, la Atenuación Natural es un proceso pasivo utilizado en la recomposición de suelos y más especialmente en aguas subterráneas.

A diferencia de otros procesos de remediación, la AN no requiere de obras de ingeniería, por el contrario, la viabilidad de su implementación debe estar garantizada por estudios previos, exhaustivos, que garanticen el logro de objetivos de limpieza, protectivos para la salud de las personas y su medio, en un tiempo razonable.

Qué información se requiere para su aplicación?

Para decidir la viabilidad de la AN como herramienta de remediación debe tenerse un conocimiento acabado del sitio en cuestión.

Generalmente se requieren investigaciones muy detalladas cuyos tiempos y costos suelen ser más elevados que los requeridos para cualquier otra tecnología de remediación. Sin embargo, a largo plazo, los costes que surgen de implementar esta tecnología suelen ser marcadamente inferiores a cualquier otra que implique ingeniería.

Para evaluar correctamente la atenuación natural en un sitio, es necesario saber la localización y la concentración de los contaminantes, y cómo los contaminantes se movilizan en el medio. Puesto que la principal movilidad de los contaminantes tiene lugar en la fase disuelta, el movimiento del agua subterránea en el sitio debe ser investigado cuidadosamente; responder cómo, cuándo y hacia donde se moviliza el flujo subterráneo resulta relevante.

La evaluación de los procesos naturales que hacen a la atenuación también requieren de una detallada comprensión de la geoquímica del sitio, especialmente si se halla implicada la biodegradación.

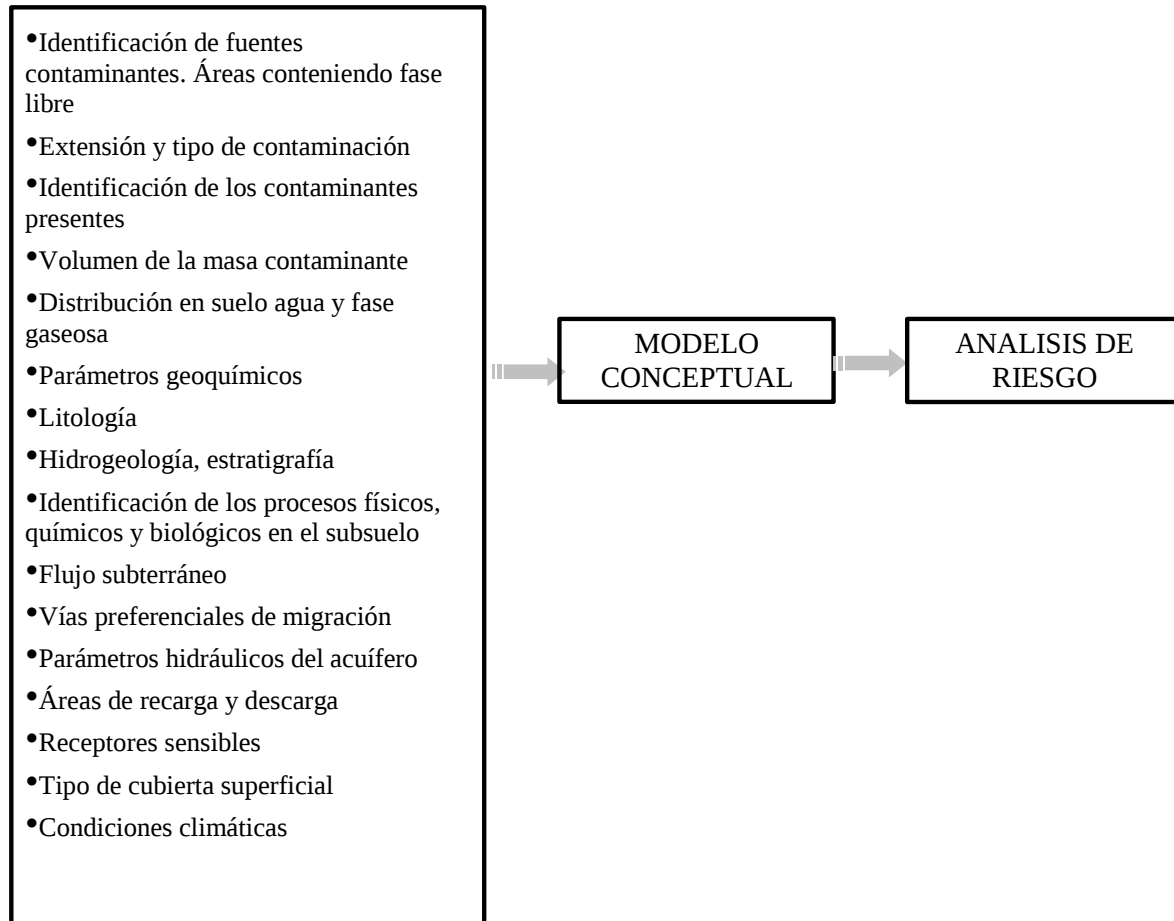
Los compuestos que pueden asociarse a la actividad microbiana, tales como el oxígeno, dióxido de carbono, nitrato, sulfato, hierro, etc., deben ser medidos a fin de comprender cual es el proceso que se está generando, la rapidez con que ocurren y la valoración de sus resultados a futuro.

Por lo tanto, el uso de la atenuación natural como parte del proyecto de remediación para un sitio requerirá necesariamente que un plan de supervisión a largo plazo esté instituido.

Este plan de monitoreo deberá proporcionar la información necesaria que permita a los Organismos de Control decidir si los objetivos de limpieza serán alcanzados en el tiempo previsto.

En el cuadro que sigue se resume la investigación requerida

INVESTIGACION DE BASE

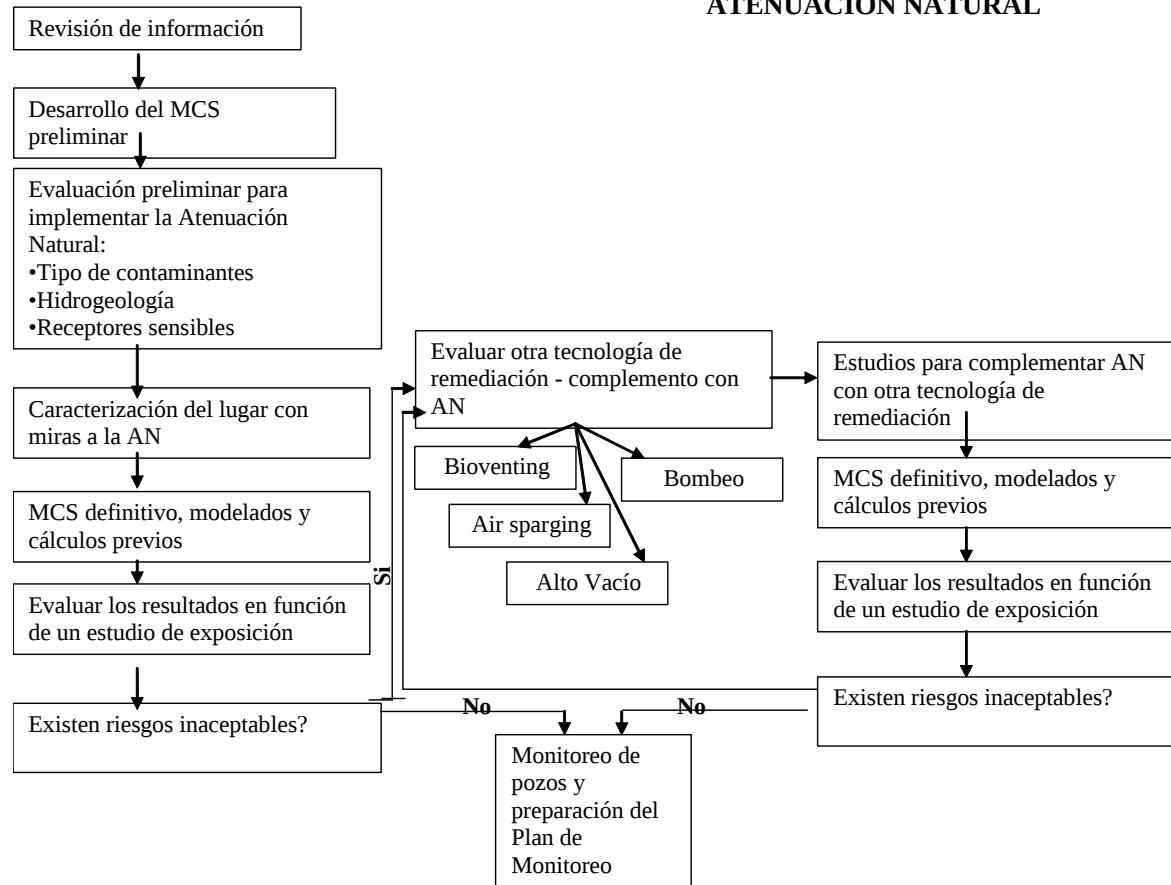


Un sistema de la detección temprana de impactos en receptores sensibles, tales como personas, pozos del agua potable, cursos de agua, etc. debe ser proporcionado y en todos los casos es conveniente tener desarrollado un plan de contingencia, alternativo, que pueda ser ejecutado si los procesos naturales de la atenuación no satisfacen las expectativas.

En algunos casos debe evaluarse la conveniencia de aplicar la AN en combinación con tecnologías de remediación convencional, particularmente es aplicable esta alternativa en aquellos sitios donde se encuentra presente una Fase Libre No Acuosa (FLNA), cuyas dimensiones y espesor de producto no pueden ser reducidos mediante la AN o donde los tiempos requeridos para lograr los objetivos de limpieza son inferiores a los que demandaría la aplicación de la AN.

El diagrama de flujo que se expone puntualiza las etapas que deben ser consideradas previo a su elección como tecnología de remediación.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA ATENUACION NATURAL



Cómo se evalúa su elección?

- Demostración del logro de objetivos de limpieza en tiempos aceptables, en relación con otras tecnologías
- Establecer la estabilidad o no de la pluma y si estas condiciones pueden modificarse en el tiempo
- Asegurar que la selección de este método no pondrá en riesgo a receptores sensibles, fuentes de captación de agua, otros acuíferos, ecosistemas, etc.
- Identificar la demanda actual y futura del recurso afectado
- Determinar la naturaleza y extensión de la fuente contaminantes y establecer el control de las mismas.
- Identificar y evaluar otras actividades de remediación en el lugar que puedan interferir con la atenuación natural
- Proveer un plan de contingencia para el caso que la AN no resulte eficiente

Cuándo se aplica la AN?

- Cuando los tiempos para alcanzar los objetivos de limpieza no ponen en riesgo a receptores sensibles, pozos de captación, ecosistemas, ubicados aguas abajo de la pluma
- Cuando no existe uso del acuífero afectado
- Cuando no hay proyectos de uso del suelo o de la fuente subterránea en un plazo inferior al logro de los objetivos de limpieza
- Cuando la tasa de biodegradación puede ser demostrada
- Acuíferos con flujo lento
- Medios porosos
- Para acuíferos con contaminantes en fase disuelta
- Para suelos con contaminantes residuales
- Cuando su aplicación es públicamente aceptada
- Cuando las tecnologías activas no resultan técnicamente aplicables

PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA AN

Las transformaciones que ocurren en el subsuelo incluyen una variedad de procesos físicos, químicos, o biológicos que, bajo condiciones favorables (sin la intervención humana), pueden contribuir en la reducción de la masa, toxicidad, movilidad, volumen, o concentración de contaminantes en suelo o el agua subterránea.

Estos procesos que contribuyen en la degradación son el resultado de una serie de mecanismos que se clasifican en No destructivos y Destructivos.

1. Procesos No Destructivos

Pueden describirse como aquellos procesos que inhiben la migración de un contaminante pero no resultan en una reducción permanente de la masa del mismo.

Entre los procesos no destructivos se incluyen procesos físicos y químicos tales como la volatilización, dilución, difusión y porción.

a) Procesos físicos:

Básicamente involucra la dispersión hidrodinámica y la volatilización.

La dispersión hidrodinámica es el proceso por el cual un contaminante se dispersa en dirección longitudinal y transversal a la dirección primaria de migración de la pluma, es el primer proceso que interviene en la dilución e involucra dos tipos de procesos:

- Dispersión mecánica
- Difusión molecular

Ambos contribuyen en la dilución del contaminante. El primero es de mayor relevancia en flujos normales y rápidos mientras que en segundo es un movimiento molecular, relacionado con la concentración del contaminante y que cobra importancia en flujos lentos.

Como resultado de la dispersión hidrodinámica, los contaminantes se difunden y mezclan en el agua subterránea, el contaminante pierde concentración, favoreciendo la acción biológica.

La volatilización Es el proceso de partición del contaminante en su fase gaseosa. A pesar de no ser un proceso destructivo, remueve la masa de contaminantes.

Este proceso resulta más importante en derrames nuevos y pierde efectividad con la antigüedad de la pérdida. A su vez tiene una relación directa con el tipo de producto, el medio en que se encuentra alojado y el clima.

b) Procesos químicos

Involucran procesos de partición y reacciones químicas, de ellos el primero es más importante para los hidrocarburos.

La sorción es el proceso a través del cual el contaminante se particiona y se adhiere a las partículas sólidas del suelo y del acuífero.

No es un proceso que modifique la masa del contaminante pero actúa retardando su movilidad y las concentraciones de disueltos en el agua pero incrementado el contenido en los suelos.

Los compuestos de la matriz sólida que acentúan este proceso son la materia orgánica y los minerales de las arcillas.

2. Procesos Destructivos

Son aquellos que resultan en una permanente remoción de la masa de contaminantes dentro del medio.

La documentación y distinción de los procesos destructivos de aquellos que no lo son resulta crítico para relevar el potencial del medio para reducir la masa del contaminante.

a) Procesos biológicos

De manera simple puede definirse la biodegradación como un proceso por el cual un producto contaminante se transforma en bioproductos inocuos.

Como las reacciones químicas abióticas, la biodegradación es un mecanismo destructivo de la atenuación. Muchos estudios han demostrado que la biodegradación producida por los microorganismos indígenas puede contribuir perceptiblemente a la destrucción de compuestos orgánicos.

Para los hidrocarburos del petróleo, la biodegradación se considera el mecanismo primario por el cual la masa del soluto es reducida.

Básicamente, la biodegradación es un proceso de transferencia de electrones. La energía requerida para la síntesis y el mantenimiento celular se obtiene a partir de la oxidación de los compuestos orgánicos, entre ellos los hidrocarburos que se transforman en electrones dadores.

El Oxígeno requerido para el proceso de oxidación, se obtiene de sustancias o elementos presentes en el subsuelo, los cuales son denominados electrón aceptor.

Este proceso de degradación ocurre en presencia de bacterias aerobias. Los últimos productos de la degradación de los compuestos orgánicos son bióxido de carbono, agua y masa celular.

Los electrones aceptores son elementos o compuestos que se encuentran en estado de oxidación y por tanto pueden participar en un proceso de reducción/oxidación; los más utilizados son:

El electrón aceptor de mayor importancia es el Oxígeno. Una vez que este es consumido, los organismos aeróbicos seguirán un proceso de denitrificación hasta reducir los nitratos disponibles que proseguirá con el manganeso, el ión férrico y el sulfato; la reducción de este último dará como resultado las condiciones metanogénicas del medio.

En general, las reacciones que producen más energía predominan sobre aquellas que producen menos, siguiendo el siguiente orden:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| ▪ Oxidación | ▪ Reducción de hierro |
| ▪ Denitrificación | ▪ Reducción de Sulfatos |
| ▪ Reducción de Manganeseo | ▪ Metanogénesis |

Esto equivale a decir que el proceso se origina en condiciones aeróbicas con un máximo de energía, cuando el oxígeno es agotado, las condiciones anaeróbicas dominan.

Como resultado de las reacciones redox, la biodegradación causa cambios en la geoquímica del medio, estas modificaciones pueden ser identificadas y cuantificadas para evidenciar la eficiencia de la Atenuación Natural.

Cómo documentar la ocurrencia de la AN

Una vez puesto en práctica el proceso de AN, su ocurrencia debe ser fehacientemente corroborada y documentada mediante líneas de evidencia que surgen de los diferentes eventos de monitoreo y evaluación de los datos resultantes.

Existen básicamente tres líneas de evidencia:

- Comportamiento de la pluma del contaminante
- Determinación de indicadores de la biodegradación
- Recuento microbiano

Comportamiento de la pluma:

La demostración más confiable y más directa de la remediación mediante atenuación natural se basa en el comportamiento histórico real de la pluma del contaminante. Si los datos históricos demuestran que una pluma se ha estabilizado o se ha reducido, significa que la remediación por atenuación natural está ocurriendo.

El conocimiento de la distribución y de la concentración de hidrocarburos en un cierto plazo (por ejemplo, BTEX) se utiliza para determinar estado de la pluma.

Si de la evaluación surge que los datos históricos son insuficientes o bien se comprueba una migración del contaminante, debe procederse con la segunda línea de evidencia.

Indicadores de la biodegradación

Los indicadores específicos para evaluar el proceso de degradación son de importancia crítica para demostrar la eficacia del proceso de remediación mediante AN.

Tal como se indicara precedentemente, los microorganismos transforman las moléculas orgánicas, tales como benceno, tolueno, ethylbenzene y xilenos (BTEX), y obtienen el carbono y la energía de estos substratos para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción.

Como resultado de estos procesos se generan una serie de productos metabólicos cuya identificación y cuantificación será relevante para poner en evidencia el proceso de biodegradación.

Por ejemplo: como resultado de la respiración aeróbica, las concentraciones de oxígeno disuelto decrecen. En condiciones anaeróbicas, el sulfato es reducido a sulfuro con el consiguiente decrecimiento del sulfato. El metano es producto de la reducción del dióxido de carbono.

La información geoquímica que se obtenga del sitio y particularmente su relación con las condiciones aguas arriba del área contaminada, ilustrará sobre los patrones de comportamiento del electrón aceptor y el consecuente producto metabólico.

Una vez que han sido definidas las reacciones que ocurren en el sitio es posible estimar la masa del contaminante que puede ser asimilada u oxidada por los electrones aceptores disponibles y efectuar los consecuentes balances de masa.

En función de lo expuesto, la determinación y evaluación de parámetros como el Oxígeno Disuelto, Nitratos, Metano, Ion Ferroso, Sulfuros, dióxido de carbono entre otros, definirá las condiciones de medio para actuar en la degradación del contaminante, cuantificando la tasa de reducción y los tiempos para el logro de los objetivos.

La presencia de estos electrones aceptores y productos metabólicos son indicadores críticos del grado y tipo de actividad biológica y subsecuentemente de la potencial Atenuación Natural en el Sitio.

Recuento microbiológico

La tercera línea de evidencia puede ser utilizada para mostrar la biota indígena disponible y capaz de degradar el contaminante. Estos estudios de microcosmos se realizan generalmente para contaminantes no derivados de petróleo donde la degradación es más difícil. La menos utilizada

Su aplicabilidad está dada por una serie de condicionamientos cuya demostración debe confirmarse previo a su elección como método de remediación.

PLAN DE MONITOREO

El Plan de monitoreo que requiere un proceso de AN es muy específico y debe considerar diversos aspectos:

Características de los pozos y el muestreo

- Diseño de las perforaciones
- Ubicación de los pozos monitores
- Compuestos que deben ser monitoreados
- Puntos de monitoreo
- Frecuencia del monitoreo
- Optimización del Monitoreo

Objetivos del Plan de Monitoreo:

- Demostrar que la AN ocurre de acuerdo a lo planeado
- Detectar cambios en las condiciones del medio que pudieran reducir la eficiencia de alguno de los procesos
- Identificar la aparición de algún compuesto tóxico, producto de la transformación
- Verificar que no hay expansión de la pluma, tanto horizontal como verticalmente
- Verificar que no hay riesgos hacia los receptores ubicados aguas abajo
- Verificar el logro de los objetivos de remediación

Parámetros que deben ser monitoreados

- Contaminantes de riesgo
- Electrones aceptores primarios para el sitio
- pH
- Temperatura
- Potencial Oxido-Reducción
- Bio-productos
- Fluctuaciones del nivel freático

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ATENUACION NATURAL

VENTAJAS

- Reduce el potencial de transferir contaminantes hacia otros sitios
- Reduce el riesgo de exposición de los trabajadores afectados a la obra
- Menor disturbación de los receptores ecológicos
- Menor intrusión y disturbación del sitio
- Buen complemento con métodos de remediación activos
- Menor costo que las tecnologías de remediación activas

DESVENTAJAS

- Mayores tiempos de operación que las tecnologías activas
- La caracterización del sitio suele requerir mayor detalle y costo
- Requiere monitoreo a largo plazo
- Cambios en las condiciones hidrogeológicas o geoquímicas pueden modificar la movilidad o impactar adversamente sobre remediación
- Mayor esfuerzo y educación para su aceptación

CONCLUSIONES

- La AN no debería ser seleccionada para cualquier sitio o condición
- Su aplicación requiere de un conocimiento del sitio más exhaustivo que otras técnicas de remediación
- Su implementación resulta muy adecuada como complemento de tecnologías activas
- Requiere un monitoreo a largo plazo
- En general es menos costosa que las tecnologías activas

BIBLIOGRAFIA:

ASTM E 1943-98

OSWER DIRECTIVA 9200.4-17P

EPA/540/S-99/001

REMEDIATION HADNBOOK, PARSONS ENGINEERING SCIENCE

CURRICULUM VITAE

Nombre y apellido: MARGOT BERTOL GONZALEZ

Título profesional: Licenciada en Geología

SÍNTESIS de ANTECEDENTES LABORALES

1. Período 1975 – 1993

Egresada de la Universidad de La Plata con el título de Licenciada en Geología, se especializó Petrografía y posteriormente en Hidrogeología.

Como tal se desempeñó como responsable del Departamento Geología, efectuando las siguientes actividades:

- Investigación y evaluación de fuentes subterráneas para captación de agua potable en todo el País
- Ubicación y control de perforaciones destinadas al abastecimiento público
- Estudios de factibilidad para la explotación del recurso
- Diseño e implementación de políticas de preservación y control del recurso subterráneo
- Estudios para la identificación de los compuestos peligrosos y evaluación de plumas de contaminación en agua subterránea, comportamiento de los contaminantes y políticas de protección hacia los receptores sensibles.
- Peritajes por contaminación industrial en agua subterránea-
- Investigación y evaluación de acuífero deteriorados por acciones antrópicas
- Evaluación de técnicas para la ejecución de perforaciones para protección catódica.
- Elaboración de Normas y Reglamentos para la construcciones de perforaciones

2. Período 1993 – 1999

En la Empresa ECOPRENEUR S.A. como integrante de su staff técnico, desarrolló tareas como

- Director de Proyectos de ambientales: Evaluación de Pasivos ambientales, caracterización del subsuelo, ingeniería de remediación.
- Integrante del equipo técnico para la elaboración de proyectos de landfarming, plantas de tratamiento de efluentes cloacales e industriales tecnología Parkson y Schreiber y plantas de tratamiento de metales pesados.
- Integrante del equipo técnico de Parsons E.S. (empresa asociada a Ecopreneur), para la elaboración de proyectos de ingeniería de remediación.

3. Período 1999 – 2001

En la Empresa BUREAU VERITAS ARGENTINA

Como integrante de staff técnico para el desarrollo de Proyectos Ambientales y Auditorías de remediación

4. Período 2001 –2004

En la Firma TEMA 2000 como Gerente de Proyectos:

Dirección, coordinación, Auditorías y asesoramiento técnico para Proyectos Ambientales. Evaluación de Pasivos e Ingeniería de remediación.

5. Desde 2004

Como integrante del Directorio y Representante Técnico de la Firma GEOdata