

CONTENIDO GENERAL

| | |
|----------------------|--|
| Capítulo I | Datos generales del proyecto, promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental |
| Capítulo II | Descripción del proyecto |
| Capítulo III | Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables |
| Capítulo IV | Descripción del sistema ambiental y señalamiento de la problemática ambiental detectada |
| Capítulo V | Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales |
| Capítulo VI | Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales |
| Capítulo VII | Pronóstico ambiental y conclusiones |
| Capítulo VIII | Bibliografía |

Anexos

| | |
|-------------------|---|
| Anexo I | Documentos probatorios de la Compañía Minera Dolores S.A. de C.V., representante legal y responsable del estudio ambiental |
| Anexo II | Convenios de derechos superficiales y títulos de concesión de lotes mineros |
| Anexo III | Información sobre cambio de uso de suelo y programas de protección de especies y de conservación de suelos |
| Anexo IV | Trámites ante diferentes dependencias de gobierno |
| Anexo V | Estudio sobre la estabilidad de taludes en el tajo |
| Anexo VI | Reporte sobre obras de control de avenidas del arroyo Chabacán |
| Anexo VII | Reporte sobre pruebas de caracterización geoquímica de la roca estéril (tepetate) y pruebas de caracterización del mineral agotado |
| Anexo VIII | Reportes de laboratorio del monitoreo de agua y suelos |
| Anexo IX | Álbum fotográfico |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL..... | 1 |
| I.1 DATOS GENERALES DEL PROYECTO..... | 1 |
| I.1.1 Nombre del proyecto..... | 1 |
| I.1.2 Datos del sector y tipo de proyecto..... | 1 |
| I.1.3 Ubicación del proyecto..... | 1 |
| I.1.4 Tiempo de vida útil del proyecto..... | 1 |
| I.2 DATOS GENERALES DEL PROMOVENTE..... | 1 |
| I.2.1 Nombre o razón social..... | 1 |
| I.2.2 Registro Federal de Causantes (RFC)..... | 1 |
| I.2.3 Nombre y cargo del representante legal..... | 1 |
| I.2.4 RFC del representante legal..... | 1 |
| I.2.5 Clave Única del Registro de Población (CURP) del representante legal..... | 2 |
| I.2.6 Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones..... | 2 |
| I.3 DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL..... | 2 |
| I.3.1 Nombre o razón social..... | 2 |
| I.3.2 RFC..... | 2 |
| I.3.3 Nombre del responsable técnico de la elaboración del estudio..... | 2 |
| I.3.4 RFC y CURP del responsable técnico de la elaboración del estudio..... | 3 |
| I.3.5 Cédula profesional del responsable técnico de la elaboración del estudio..... | 3 |
| I.3.6 Dirección del responsable del estudio..... | 3 |
| II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... | 5 |
| II.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO..... | 5 |
| II.1.1 Naturaleza del proyecto..... | 5 |
| II.1.2 Selección del sitio..... | 10 |
| II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización..... | 11 |
| II.1.4 Inversión requerida..... | 15 |
| II.1.5 Dimensiones del proyecto..... | 15 |
| II.1.6 Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias..... | 18 |
| II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos..... | 22 |
| II.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DEL PROYECTO..... | 25 |
| II.2.1 Programa General de Trabajo..... | 25 |
| II.2.2 Preparación del sitio..... | 27 |
| II.2.3 Construcción de obras mineras..... | 29 |
| II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento..... | 54 |
| II.2.6 Etapa de abandono del sitio (post-operación)..... | 77 |
| II.2.7 Utilización de explosivos..... | 80 |
| II.2.8 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera..... | 80 |
| II.2.9 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos..... | 97 |
| II.2.10 Otras fuentes de daños..... | 98 |
| III. VINCULACION CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACION SOBRE USO DEL SUELO..... | 99 |
| III. 1 PROGRAMA NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES 2001-2006 (PNMARN)..... | 99 |
| III.2 PLANES DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DEL TERRITORIO..... | 100 |
| III.2.2 Areas naturales protegidas..... | 100 |
| III.2.3 Regiones hidrológicas prioritarias..... | 102 |
| III.2.4 Regiones terrestres prioritarias..... | 102 |
| III.2.5 Planes y programas de desarrollo urbano estatales y municipales..... | 102 |
| III.3 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS NORMATIVOS..... | 104 |

| | |
|--|------------|
| IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO | 108 |
| IV.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 108 |
| IV.2 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL..... | 110 |
| IV.2.1. Aspectos abióticos..... | 110 |
| IV.2.2. Aspectos bióticos..... | 153 |
| IV.2.3 Paisaje | 185 |
| IV.2.4. Medio socioeconómico | 187 |
| IV.2.5. Diagnóstico ambiental..... | 198 |
| V. IDENTIFICACION, DESCRIPCIÓN Y EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES | 207 |
| V.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES | 207 |
| V.2 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS | 207 |
| V.3 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS | 210 |
| V.4 DESCRIPCIÓN DE LOS IMPACTOS SIGNIFICATIVOS | 219 |
| VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES | 228 |
| VI.1 DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA O PROGRAMA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN O CORRECTIVAS POR COMPONENTE AMBIENTAL | 228 |
| VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS | 247 |
| VII.1 PRONÓSTICO DEL ESCENARIO..... | 247 |
| VII.2 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL | 260 |
| VII.3 CONCLUSIONES | 261 |
| VII.3 CONCLUSIONES | 261 |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA..... | 264 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura I.1 Localización geográfica | 4 |
| Figura II.1 Tendencia de la producción de oro a nivel nacional y estatal | 8 |
| Figura II.2 Comportamiento histórico del precio del oro y la plata | 9 |
| Figura II.3. Límites de propiedad del terreno superficial..... | 13 |
| Figura II.4 Concesiones mineras en el área del proyecto..... | 14 |
| Figura II.5 Arreglo general de obras mineras. | 17 |
| Figura II.6. Localización de proyectos asociados al Proyecto Minero Dolores | 24 |
| Figura II.7 Arreglo general al término de la etapa 1 (años 0-1)..... | 32 |
| Figura II.8 Arreglo general al término de la etapa 2 (años 2-5)..... | 33 |
| Figura II.9 Arreglo general al término de la etapa 3 (años 6-7)..... | 34 |
| Figura II.10 Arreglo general al término de la etapa 4 (8-9). | 35 |
| Figura II.11 Arreglo general al término de la etapa 5 (9-11.5). | 36 |
| Figura II.12 Secciones del arreglo general de las obras mineras en la etapa 5..... | 37 |
| Figura II.13 Arreglo general del patio de lixiviación | 41 |
| Figura II.14 Detalles de la membrana impermeable en el patio de lixiviación | 42 |
| Figura II.15 Sistema de colección y recuperación de fugas en la pileta de proceso | 43 |
| Figura II.16 Secciones del arreglo general de las instalaciones de proceso (figura II-17) | 45 |
| Figura II.17 Arreglo general de las instalaciones de proceso y servicio. | 46 |
| Figura II.18 Arreglo de la planta Merrill-Crowe | 47 |
| Figura II.19 Obras de desviación de aguas superficiales..... | 49 |
| Figura II.20 Secciones de las obras de desviación de aguas superficiales..... | 50 |
| Figura II.21. Diagrama general de las operaciones mineras..... | 56 |
| Figura II.22 Diagrama de flujo de Trituración Primaria..... | 62 |
| Figura II.23 Diagrama de flujo de Trituración Secundaria y Terciaria. | 64 |
| Figura II.24 Diagrama de flujo de lixiviación. | 66 |
| Figura II.25 Diagrama de flujo del proceso Merrill-Crowe | 70 |
| Figura II.26 Diagrama de flujo del proceso de fundición..... | 72 |

| | |
|--|-----|
| Figura II.27 Diagrama de flujo para el manejo de reactivos..... | 74 |
| Figura II.28 Diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de agua | 76 |
| Figura III.1 Áreas Naturales protegidas en la región..... | 101 |
| Figura IV.1 Climogramas para las estaciones en las cercanías del proyecto minero Dolores..... | 112 |
| Figura IV.2 Temperaturas medias mensuales en las estaciones consideradas..... | 113 |
| Figura IV.3 Precipitación media mensual en las estaciones consideradas..... | 113 |
| Figura IV.4 Mapa de climas | 116 |
| Figura IV.5 Lluvia máxima en 24 horas y su período de retorno en La Guadalupe..... | 118 |
| Figura IV.6 Períodos de retorno de los eventos de lluvia máxima en 24 horas calculados y los de los datos de La Guadalupe, Sonora..... | 119 |
| Figura IV.7 Mapa geológico del área del Mineral de Dolores, Chihuahua..... | 123 |
| Figura IV.8 Mapa geomorfológico..... | 128 |
| Figura IV.9 Mapa de pendientes..... | 129 |
| Figura IV.10 Zonas sísmicas de la República Mexicana..... | 131 |
| Figura IV.11 Mapa edafológico | 134 |
| Figura IV.12 Clases texturales de las muestras de suelo analizadas..... | 135 |
| Figura IV.13 Degradación específica en las subregiones hidrológicas del país..... | 140 |
| Figura IV.14 Mapa de hidrología superficial | 143 |
| Figura IV.15 Mapa hidrológico de agua subterránea | 147 |
| Figura IV.16a Distribución espacial de los niveles de calidad del agua subterránea en la zona del proyecto Dolores..... | 149 |
| Figura IV.16b Distribución espacial de los niveles de calidad del agua subterránea en la zona del proyecto Dolores..... | 150 |
| Figura IV.16c Distribución espacial de los niveles de calidad del agua subterránea en la zona del proyecto Dolores..... | 151 |
| Figura IV.17 Tipos de vegetación..... | 159 |
| Figura IV.18 Representación de las familias taxonómicas en el área de estudio..... | 162 |
| Figura IV.19 Comunidades en un radio de 10, 20 y 50 km del sitio del proyecto..... | 189 |
| Figura IV.20 Unidades ambientales en el área de estudio..... | 206 |
| Figura VII.1. Descripción del sistema causal del proyecto minero Dolores..... | 248 |
| Figura VII.2. Diagrama causal de la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto minero Dolores..... | 250 |
| Figura VII.3. Diagrama causal de las actividades de minado, trituración y lixiviación del proyecto minero Dolores..... | 251 |
| Figura VII.4. Diagrama causal de las actividades de beneficio y abandono del proyecto minero Dolores..... | 252 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla II.1 Superficie de afectación por el proyecto Dolores..... | 16 |
| Tabla II.2 Superficies a ocupar por el proyecto minero Dolores..... | 16 |
| Tabla II.3 Programa general de trabajo del Proyecto Minero Dolores..... | 26 |
| Tabla II.4 Afectación del terreno natural y degradado por etapas | 27 |
| Tabla II.5. Distribución del material estéril por terrero..... | 30 |
| Tabla II.6. Requerimientos de personal para la operación del proyecto..... | 55 |
| Tabla II.7 Toneladas de roca extraída del yacimiento Dolores | 58 |
| Tabla II.8. Equipo requerido para la operación del tajo..... | 60 |
| Tabla II.9. Equipo auxiliar requerido para la operación del tajo | 60 |
| Tabla II.10 Características de calidad de soluciones lixiviantes..... | 68 |
| Tabla II.11 Listado de las principales sustancias a utilizar en el proceso productivo..... | 73 |
| Tabla II.12 Consumo anual de explosivos | 80 |
| Tabla II.13. Características de las muestras para evaluar la toxicidad y el potencial de generación de ácido de la roca estéril del proyecto minero Dolores | 82 |
| Tabla II.14 Resultados de las pruebas de caracterización geoquímica al material estéril del yacimiento Dolores | 83 |
| Tabla II.15 Resultados de la prueba TCLP en muestras de roca estéril | 91 |
| Tabla II.16 Residuos peligrosos a generar en el Proyecto Minero Dolores..... | 95 |

| | |
|--|-----|
| Tabla IV.1 Estaciones climatológicas cercanas al proyecto..... | 110 |
| Tabla IV.2 Temperatura y precipitación medias mensuales y anuales de las estaciones cercanas al proyecto..... | 111 |
| Tabla IV.3 Características climáticas y tipos de climas. | 114 |
| Tabla IV.4 Ubicación, elementos climáticos y tipo de climas de las "estaciones Dolores". | 114 |
| Tabla IV.5 Temperaturas extremas en la estación La Guadalupe. | 115 |
| Tabla IV.6 Evaporación promedio mensual en la estación La Guadalupe. | 115 |
| Tabla IV.7 Eventos de lluvia máxima en la estación La Guadalupe y su período de retorno..... | 117 |
| Tabla IV.8 Eventos de lluvia máxima en 24 hrs. determinados mediante la función Gumbel Simple. | 119 |
| Tabla IV.9 Color de algunas muestras de suelo..... | 133 |
| Tabla IV.10 Características fisicoquímicas de muestras representativas de los suelos. | 138 |
| Tabla IV.11 Resistencia del suelo al impacto del penetrómetro de Ramsonde..... | 139 |
| Tabla IV.12 Coordenadas de los puntos de monitoreo de agua superficial y subterránea..... | 144 |
| Tabla IV.13 Resultados de los análisis de agua superficial. | 146 |
| Tabla IV.14 Resultados de los análisis de agua subterránea..... | 146 |
| Tabla IV.15 Superficies consideradas en el estudio de vegetación del proyecto minero Dolores..... | 155 |
| Tabla IV.16 Listado florístico del área de estudio | 160 |
| Tabla IV.17 Estratificación vertical de las especies presentes en el área de estudio y esquema de representación. | 163 |
| Tabla IV.18 Estimación del Índice de Similaridad de Jaccard para las comunidades vegetales del área del proyecto..... | 163 |
| Tabla IV.19 Número de especies en los diferentes lotes para la determinación de áreas mínimas de muestreo..... | 164 |
| Tabla IV.20 Parámetros poblacionales del área destinada a terrero Este y relleno sanitario del proyecto minero Dolores..... | 165 |
| Tabla IV.21 Parámetros poblacionales del área destinada a terrero Sur del proyecto minero Dolores..... | 166 |
| Tabla IV.22 Parámetros poblacionales del área destinada a patios, planta y oficina del proyecto minero Dolores. | 167 |
| Tabla IV.23 Parámetros poblacionales del área destinada a terrero Norte del proyecto minero "Dolores"...... | 168 |
| Tabla IV.24 Parámetros poblacionales del área destinada a bordo de contención y área de inundación Chabacán del proyecto minero Dolores..... | 169 |
| Tabla IV.25 Parámetros poblacionales del área destinada a terrero Oeste del proyecto minero Dolores..... | 170 |
| Tabla IV.26 Parámetros poblacionales del área destinada a tajo del proyecto minero Dolores. | 171 |
| Tabla IV.27 Especies de flora enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 observadas en el área del proyecto..... | 174 |
| Tabla IV.28 Especies longevas del grupo de cactáceas que se promueve sean protegidas en el área del proyecto..... | 175 |
| Tabla IV.29 Relación de muestreos de fauna | 178 |
| Tabla IV.30 Índice de abundancia de especies según Patton (1992)..... | 178 |
| Tabla IV.31 Inventario faunístico del proyecto minero "Dolores"...... | 180 |
| Tabla IV.32 Representación del arreglo faunístico en el proyecto minero Dolores..... | 181 |
| Tabla IV.33 Listado de especies faunísticas con uso local. | 183 |
| Tabla IV.34 Listado de especies de interés cinegético con distribución en el área de estudio..... | 183 |
| Tabla IV.35 Listado de especies faunísticas protegidas en el área de estudio..... | 184 |
| Tabla IV.36 Localidades en un radio de 10 km del sitio del proyecto Dolores..... | 187 |
| Tabla IV.37 Localidades localizadas entre 10 y 50 km del sitio del proyecto Dolores..... | 187 |
| Tabla IV.38 Distribución de la población cercana al proyecto Dolores | 191 |
| Tabla IV.39 Características de las viviendas en las comunidades cercanas al proyecto y en el municipio de Madera. | 193 |
| Tabla IV.40 Cobertura de servicios básicos en algunas localidades. | 193 |
| Tabla IV.41 Población económicamente activa y sector de ocupación en algunas localidades. | 196 |
| Tabla IV.42 Cuadro descriptivo de las unidades ambientales presentes en el área de estudio | 205 |
| Tabla V.1 Matriz de identificación de impactos ambientales | 208 |
| Tabla V.2 Resumen de la matriz de identificación de impactos ambientales..... | 209 |
| Tabla V.3 Resumen de identificación de impactos por etapas del proyecto | 210 |
| Tabla V.4 Indicadores y valores de impactos ambientales en la etapa de preparación y construcción..... | 212 |

| | |
|---|-----|
| Tabla V.5 Indicadores y valores de impactos ambientales en la etapa de explotación | 213 |
| Tabla V.6 Indicadores y valores de impactos ambientales en la etapa de beneficio..... | 214 |
| Tabla V.7 Indicadores y valores de impactos ambientales en la etapa de Servicios de apoyo | 215 |
| Tabla V.8 Indicadores y valores de impactos ambientales en la etapa de abandono | 216 |
| Tabla V.9 Valor de los impactos por etapas del proyecto minero Dolores | 217 |
| Tabla V.10 Resumen del valor de los impactos por cada etapa del proyecto minero Dolores..... | 218 |
| Tabla V.11 Parámetros e indicadores de impacto ambiental para el proyecto minero Dolores..... | 225 |

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

I.1 Datos generales del proyecto

I.1.1 Nombre del proyecto

Proyecto Minero Dolores

I.1.2 Datos del sector y tipo de proyecto

Minería, proyecto minero-metalúrgico.

I.1.3 Ubicación del proyecto

El área del proyecto minero Dolores se localiza a aproximadamente 44.5 km al SW de la ciudad de Madera, Chihuahua, en las inmediaciones del actual poblado de Dolores, en terrenos del ejido Huizopa, municipio de Madera, Chihuahua (ver Figura I-1.).

Actualmente, el acceso al sitio del proyecto es un camino de terracería de 95 km partiendo desde la ciudad de Madera, Chihuahua.

I.1.4 Tiempo de vida útil del proyecto

Se estima una vida útil del proyecto de 14 a 17 años, considerando que la etapa de diseño y construcción del proyecto se completará en aproximadamente 1.5 años; la etapa de operación durará de 9 a 12 años, mas 1.5 años de lixiviación residual y las actividades de cierre y restauración serán completadas en 2 años más. En el Capítulo II de este documento se detallan las actividades y tiempos programados.

I.2 Datos generales del promovente

I.2.1 Nombre o razón social

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

La empresa es de nacionalidad mexicana y se encuentra constituida según consta en la

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

(Anexo I).

I.2.2 Registro Federal de Causantes (RFC)

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

I.2.3 Nombre y cargo del representante legal

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG, Gerente de Desarrollo, DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG (Anexo I).

I.2.4 RFC del representante legal

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

1.2.5 Clave Única del Registro de Población (CURP) del representante legal

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

1.2.6 Dirección del promovente para recibir u oír notificaciones**PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG****1.3 Datos generales del responsable del estudio de impacto ambiental*****1.3.1 Nombre o razón social***

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

1.3.2 RFC

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

1.3.3 Nombre del responsable técnico de la elaboración del estudio

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

Colaboradores:

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

Revisor de los apartados Flora y Fauna:

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

La información sobre la descripción del proyecto se basó en información proporcionada directamente por la Compañía Minera Dolores S.A. de C.V. con base en el estudio de factibilidad "Dolores Feasability Study" preparado por la empresa M3 Engineering & Technology Corp. y el Memorando Técnico preparado por Golder Associates Inc., sobre modificaciones al plan de minado y diseño de M3 Engineering. La empresa Kapes, Cassidy & Associates (KCA) realizó ajustes en el arreglo de las instalaciones de proceso.

Se integraron a esta Manifestación de Impacto Ambiental, estudios y aportaciones técnicas de las siguientes empresas y profesionistas consultores:

M3 ENGINEERING AND TECHNOLOGY CORPORATION

2440 w. Ruthrauff Rd., Suite 170,

Tucson, Arizona.

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

GOLDER ASSOCIATES INC.

4730 N. Oracle Road, Suite 210

Tucson, Arizona.

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

KAPES, CASSIDAY % ASSOCIATES.

7950 Security Circle, Reno Nevada U.S.A. 89506

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

INDEPENDENT MINING CONSULTANT INC.,

2700 E. Executive Drive Suite 140,

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

Se agradece el valioso apoyo y aportaciones de Tench Page, Keith Jones y Todd Fayram de Minefinders Corporation LTD.

1.3.4 RFC y CURP del responsable técnico de la elaboración del estudio

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

1.3.5 Cédula profesional del responsable técnico de la elaboración del estudio

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

1.3.6 Dirección del responsable del estudio

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

Figura I.1 Localización geográfica

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Información general del proyecto

II.1.1 Naturaleza del proyecto

El proyecto Dolores será un desarrollo minero de gran importancia con repercusión a nivel local y regional. El proyecto consistirá de la explotación de un yacimiento de oro y plata por el método de tajo abierto, utilizando la tecnología de lixiviación cianurada en montones y el proceso de precipitación con zinc (Merrill Crowe) seguido de la etapa de fundición para la obtención de doré (mezcla de oro y plata). El yacimiento Dolores se caracteriza por roca volcánica intermedia de composición andesítica, la plata y el oro fueron depositados por fluidos hidrotermales en un ambiente epitermal de bajos sulfuros y potásicos.

Se han realizado numerosas pruebas metalúrgicas a escala piloto sobre los diferentes métodos de recuperación de los metales de oro y plata, siendo el proceso de lixiviación en montones y precipitación con zinc el que ha resultado ser el más adecuado para esta etapa del proyecto. El método de lixiviación en montones presenta ventajas desde el punto de vista ambiental ya que todas las áreas donde se manejen soluciones de proceso estarán impermeabilizadas para evitar contaminación al suelo y agua del entorno natural.

El yacimiento a explotar se encuentra enclavado en una zona remota de topografía abrupta, en las inmediaciones del poblado Dolores, en terrenos del ejido Huizopa, municipio de Madera, Chihuahua.

Por lo remoto de la zona, se carece de infraestructura de servicios en el sitio del proyecto, por lo que la empresa Compañía Minera Dolores S.A. de C.V. tendrá que desarrollar paralelamente varios proyectos asociados como son la construcción de camino de acceso, la introducción de energía eléctrica, sistema de abastecimiento de agua, reubicación del poblado Dolores y sitios para disposición de basura no tóxica.

Dado que el poblado de Dolores se ubica en la zona del yacimiento minero, se desarrollará un nuevo predio para establecer lo que será el nuevo poblado de Dolores en la zona llamada Arroyo Amplio a aproximadamente 3 Km al SW del actual poblado. En la misma zona, se planea construir lo que será el campamento de empleados para la mina Dolores, que se asentará a solo 500 m al SSE del nuevo poblado.

La Compañía Minera Dolores se encargará de introducir los servicios básicos como agua potable, energía eléctrica, caminos de acceso, entre otros, tanto al proyecto minero, como al nuevo poblado y al campamento de empleados.

Los proyectos asociados serán evaluados y autorizados en forma separada del proyecto minero. La empresa conducirá todos los trámites, que aplican a cada uno de estos proyectos, ante las diferentes dependencias gubernamentales y las comunidades involucradas.

Las actividades de exploración mineras en la zona del proyecto Dolores se iniciaron desde hace varios años, habiendo pasado la titularidad por varias empresas mineras. Fue en el año 1994 que la empresa canadiense Minefinders LTD, cuya subsidiaria en México es la empresa Minera Dolores S.A. de C.V., tomó control del proyecto y realizó exploraciones adicionales que hasta la fecha continúan. La empresa cuenta con permiso de exploración vigente mediante oficio de SEMARNAT No. SG.CU08-205/043, con vigencia al 31 de diciembre del 2005.

El lograr el desarrollo de este proyecto minero es de gran interés para las autoridades del municipio de Madera y las autoridades estatales de Chihuahua, dado las condiciones tan precarias en la región del proyecto y la importancia que tendrá como fuente de empleos, detonador de actividades productivas y la creación de bienes y servicios para todo el municipio y la región.

Aunado a lo anterior se introducirá infraestructura de gran significado para el equipamiento y desarrollo rural, actividad que difícilmente se cubre con los programas oficiales por los altos costos de las obras.

El proyecto minero tendrá una vida útil aproximada de 14 a 17 años; 1.5 años de diseño y construcción, 9 a 12 años de operación, 1.5 años de lixiviación residual y 2 años de restauración. En la etapa de construcción se generarán aproximadamente 219 empleos y en la etapa de operación se estiman 400 empleos.

Al término de las actividades mineras la mayor parte de las obras serán restauradas, desarrollando condiciones adecuadas para re-establecimiento de la vida silvestre y el potencial desarrollo de actividades productivas a menor escala, como son la cría de ganado, aprovechamientos forestales y cultivos de interés local.

a) Justificación y objetivos

Chihuahua es un estado con amplia tradición en minería siendo el oro y la plata factores importantes de dicha industria. Con la unidad minera planeada se extraerán y beneficiarán ambos metales preciosos en cantidades importantes, pero el valor de la producción de oro será mucho mayor y le brinda una solidez y viabilidad económica al proyecto. Actualmente, este metal es ampliamente buscado en el mundo por sus características naturales así como por aquellas establecidas por el hombre, que lo han llevado a ser considerado tanto como materia prima como elemento monetario (Ruiz Caro, 2004). Esto último en virtud de su alta liquidez y sus altos niveles de stock, lo que hace que pueda funcionar como medio de pago y como activo de reserva.

Sus características físicas y químicas, como la maleabilidad, alta conducción, resistencia a la corrosión y el ser no tóxico e inerte biológicamente entre otras, lo hacen insustituible en una serie de aplicaciones tecnológicas. De esta forma, se utiliza en la medicina para el desarrollo de investigación y el tratamiento de diversas enfermedades, como la artritis y los tratamientos con láser, así como la elaboración de implantes que pueden tener riesgos de infección como son aquellos utilizados en el oído medio, las bombas de insulina y los utilizados en odontología entre otros. Por otra parte, por ser un superconductor, se emplea en la industria electrónica en la fabricación de una amplia gama de aparatos como computadoras, televisores, teléfonos, y reproductores de DVD, entre otros. Además, es empleado ampliamente en la industria aeroespacial (Ruiz Caro, 2004, Minera El Desquite, 2005).

La demanda mundial anual de oro, en números del 2002, es aproximadamente de 3,800 toneladas por año mientras que su producción solamente llega a las 2,600 toneladas. La mayor demanda proviene de la elaboración de joyería con 2,727 ton, mientras que su utilización como inversión requiere 340 ton y sus usos industriales otras 340 ton (Galmarley, 2003).

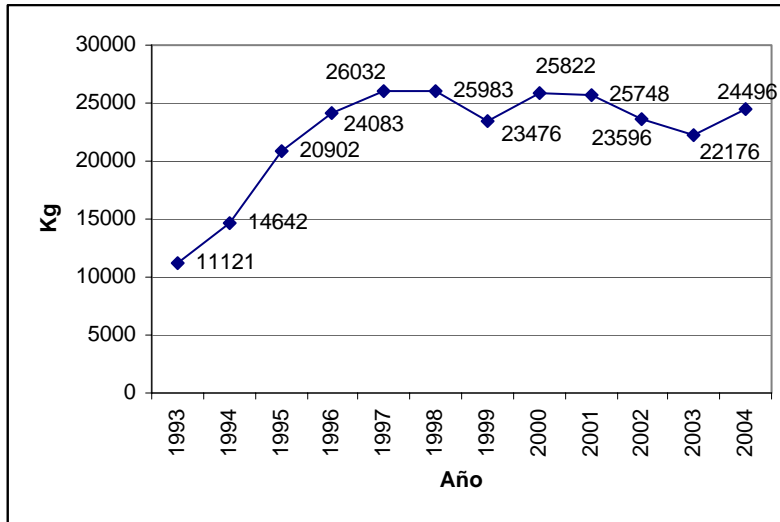
De acuerdo a Ruiz Caro (2004) México es el principal demandante de Oro de América Latina con una participación del 41% que en el 2002 significó 39.7 toneladas requeridas, seguido de Brasil con 21.8 ton y en tercer lugar República Dominicana con 7.5 ton. Perú ocupa el cuarto lugar en demanda con 6.6 ton pero fue el principal productor con 157.3 ton, ocupando México el quinto lugar en este rubro.

La producción anual de oro de nuestro país en los últimos 13 años se presenta en la figura II.1. Como se aprecia en la misma, la producción se incrementó del 22,176 ton en el 2003 a 24,496 en el 2004, pero se puede decir que se ha mantenido desde 1995 aproximadamente en un mismo rango de variación (figura II.1).

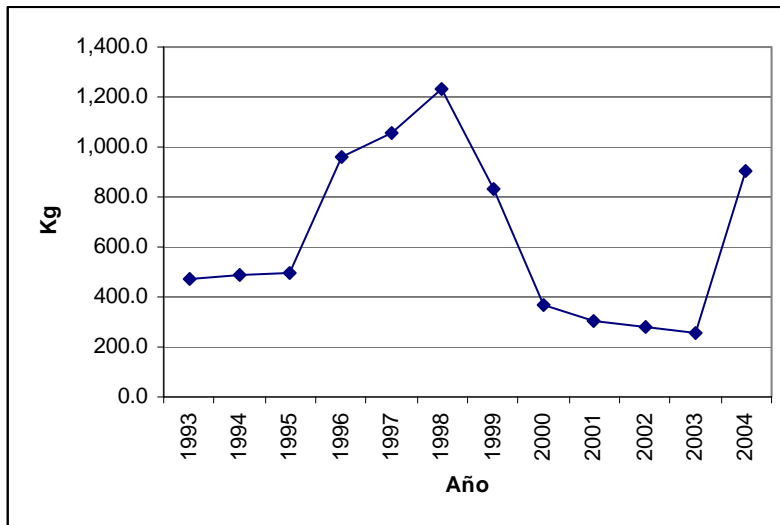
Sin embargo, ese no es el caso del valor de la producción la cual se ha incrementado dramáticamente en los últimos tres años en virtud de la mejora del precio de este valioso metal el cual se cotiza actualmente en \$437.22 dólares la onza Troy (Galmarley, 2005), un nivel que no se alcanzaba desde 1988 en que anduvo cercano a los \$500 dólares (figura II.2). Desde el 2001 el valor del oro ha seguido una tendencia positiva y se espera que esto continúe (figura II.2).

De acuerdo al INEGI (2005b), Chihuahua es el tercer productor de oro a nivel nacional, con una participación del 19.5%, después de los estados de Durango y Sonora. Su producción anual de este metal precioso cayó de un máximo de 1,235.7 kg en 1998 a 256.9 kg en el 2003 (figura II.1). En el 2004, se eleva a 908 kg debido a que entró en operación la unidad minera El Sauzal en el SE de la entidad.

En lo que a plata se refiere, Chihuahua produce el 11.6% de la producción nacional, ocupando el tercer lugar después de Zacatecas (52.8%) y Durango (15.3%) (INEGI, 2005b). En el 2004, se extrajeron y beneficiaron en la entidad 264,440 kg tras una tendencia negativa de los 391,488 kg que se produjeron en el año 2000. El precio de este metal precioso se ubica actualmente en los \$6.98 US dólares la onza, pero en el último año ha tenido un comportamiento errático (figura II.2).

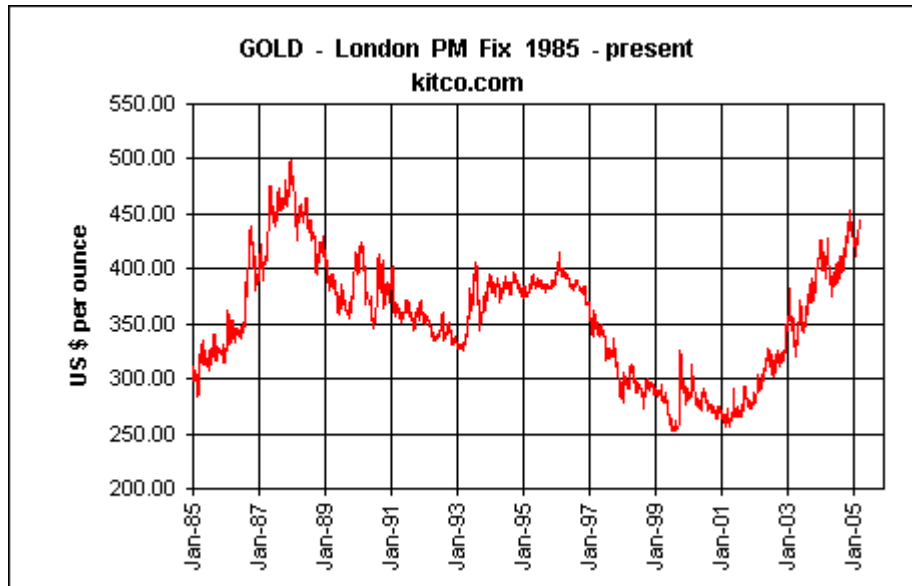


Producción anual de oro en México (INEGI, 2005a).

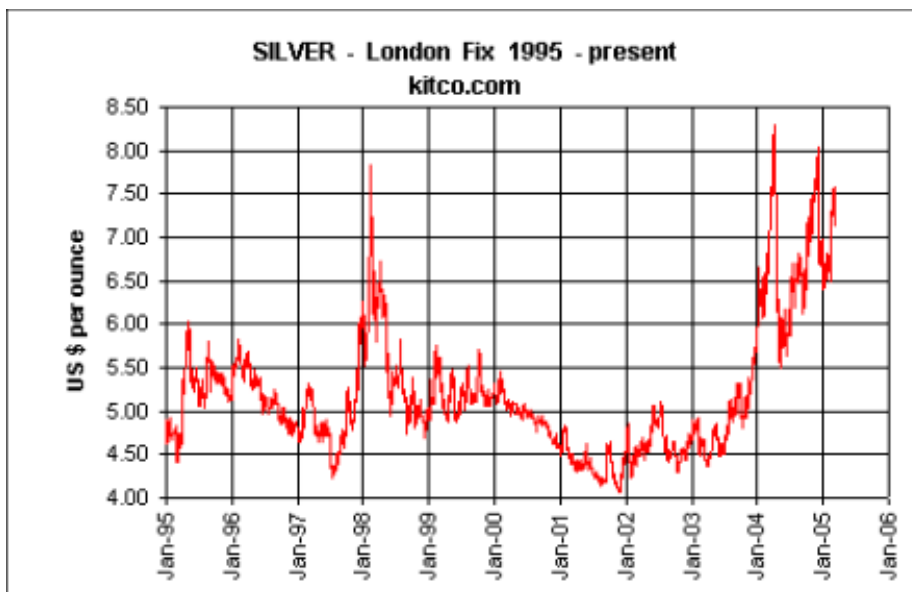


Producción anual de oro en Chihuahua (INEGI, 2005b).

Figura II.1 Tendencia de la producción de oro a nivel nacional y estatal



Evolución del precio del oro (Kitco, 2005)



Evolución del precio de la plata (Kitco, 2005)

Figura II.2 Comportamiento histórico del precio del oro y la plata

Con el desarrollo del proyecto minero Dolores se pretende coadyuvar a:

- Incrementar notablemente la producción de metales preciosos del estado de Chihuahua con lo que se incidirá en el producto interno bruto de la entidad.
- Generar aproximadamente 400 empleos directos en la etapa de producción y 219 en la etapa de construcción, esto en una zona rural marginada y de difícil acceso.

- Contribuir al desarrollo socioeconómico general de la zona serrana centro-oriental del estado de Chihuahua por la rehabilitación y construcción de vías terrestres de comunicación y la introducción de otros servicios, lo que en conjunto puede ser detonante para la promoción y fomento de otras actividades económicas y culturales.

El proyecto minero Dolores es viable desde el punto de vista técnico y económico. Esto último relacionado a los altos precios de la plata y sobre todo del oro, el cual se espera mantenga un alto valor.

II.1.2 Selección del sitio

a) Criterios considerados en la selección del sitio.

Los trabajos de prospección geológica realizados previamente en el sitio llevaron a realizar una exploración mas intensa en la zona cuyos resultados indicaron la calidad del yacimiento minero y el alto potencial para explotar el mismo.

Por razones obvias la ubicación del yacimiento minero es el factor crítico para la ubicación del desarrollo minero, así también la topografía y rasgos hidrológicos del sitio fueron determinantes en la ubicación de las diferentes obras e instalaciones de apoyo para explotar este yacimiento.



Foto II.1.- Panorámica parcial del área del proyecto.
(UTM 12R, X= 740,295 E, Y= 3,210,721 N). Vista al S franco. Mayo, 2004.

b) Métodos utilizados en la etapa de exploración.

Los estudios preliminares de prospección y exploración consistieron principalmente en la toma de muestras mediante barrenaciones de circulación inversa, barrenaciones de diamante y zanjas para comprobar el contenido del mineral, así como un programa de prueba metalúrgicas en muestras de barrenos y superficiales.

c) Sitios alternativos.

El yacimiento a explotar está delimitado por la zona mineralizada, mientras que las obras e instalaciones para operar la unidad minera se diseñan lo mas compacto y cercano posible al yacimiento para disminuir distancias de acarreo y perturbar la menor superficie posible. En el caso de este proyecto, la abrupta topografía del sitio fue también uno de los factores principales a considerar en el diseño de las obras mineras.

d) Situación legal del Predio.

El proyecto minero se desarrollará en terrenos del ejido Huizopa, en la comunidad Mineral de Dolores, municipio de Madera, Chihuahua. La Compañía Minera Dolores S.A. de C.V. firmó desde el 18 de julio de 1996, un "Acuerdo de Ocupación Temporal" con los representantes del ejido Huizopa, para ocupar terrenos de uso común. El acuerdo tiene vigencia equivalente a los términos de los títulos de concesión minera. Ver Anexo II.

Las obras mineras a desarrollar también afectarán terreno de algunos parcelarios del ejido Huizopa (ver figura II.3), con los que se tiene que firmar acuerdos de arrendamiento, con opción de compra. Actualmente se han concluido las negociaciones con 10 de los 13 predios a afectar.. En el Anexo II de este documento se presenta copia de los acuerdos firmados a la fecha con los parcelarios del ejido Huizopa.

El proyecto minero Dolores se desarrollará dentro de 9 lotes mineros (ver figura II. 4). La Compañía Minera Dolores S.A. de C.V. tiene la titularidad de 2 lotes mineros y el control de los 7 restantes mediante Acuerdos de Exploración y Opción de Compra. Todos los pagos y requerimientos de estas concesiones están al corriente. Se adjuntan en el Anexo II copia de los títulos de concesión de los lotes mineros a favor de la empresa.

II.1.3 Ubicación física del proyecto y planos de localización

El Proyecto Minero Dolores se ubica en la comunidad de Dolores, municipio de Madera, en el estado de Chihuahua, dentro de las siguientes coordenadas:

| Coordenadas UTM, Zona 12R: | | Coordenadas geográficas: | |
|----------------------------|---------|--------------------------|-----------------|
| Norte | Este | Latitud Norte | Longitud Oeste |
| 3,212,259 | 736,769 | 29°01' 5.4" | 108° 34' 8.8" |
| 3,212,259 | 743,955 | 29° 01' 0.5" | 108° 29' 43.4" |
| 3,205,960 | 736,769 | 28° 57' 40.9" | 108° 34' 13.6" |
| 3,205,960 | 743,955 | 28° 57' 36.01" | 108° 29' 48.35" |

En línea recta se encuentra a 44.5 kilómetros al SW de la ciudad de Madera. Actualmente se llega al proyecto por un camino de terracería, de 92 km, que comunica la ciudad de Madera con los poblado de Dolores y Cebadilla de Dolores.(Figura I-1)., Algunos tramos de este camino presentan condiciones difíciles en cierta época del año por las condiciones del terreno y por lo abrupto de la topografía (Foto II.2),



Foto II.2- Camino de acceso al sitio del proyecto Dolores
(UTM 12R, X= 771,801 E, Y= 3,214,355 N). Mayo 2004.

Uno de los proyectos asociados al proyecto minero Dolores será la construcción de un nuevo camino de acceso al sitio del proyecto, partiendo del poblado de Yepachic, municipio de Temosachi, Chihuahua. Este será un acceso más directo y en condiciones más adecuadas para el transporte de personal y de carga, comparado con la ruta Madera-Dolores.



Foto II.3.- Poblado de Yepachic y carretera de donde partirá el nuevo camino de acceso al proyecto Dolores
(UTM 12R, X= 757,478; E, Y= 3,146,668 N). Mayo, 2004.

Figura II.3. Límites de propiedad del terreno superficial

Figura II.4 Concesiones mineras en el área del proyecto.

II.1.4 Inversión requerida

El capital total de inversión para el proyecto minero será de \$130 a \$172.2 millones de dólares americanos (USD). Además se estima que los costos de capital durante los años de operación serán de \$19 a \$37 millones de dólares americanos. Adicionalmente se invertirán aproximadamente \$18 millones de dólares en proyectos asociados como son la introducción de energía eléctrica, el nuevo camino de acceso y re-ubicación del poblado Mineral de Dolores.

Para la etapa de cierre y restauración de la mina, se ha estimado un monto aproximado de \$8.02 millones de dólares americanos, que incluye principalmente las actividades de cercado del tajo, cubierta del patio con roca gruesa, manejo de las soluciones en el patio, construcción de celda de evapotranspiración, demolición de edificios y cimientos, reforestación y monitoreo ambiental.

Las reservas probadas y probables de mineral se calculan aproximadamente en 78.6 millones de toneladas con una ley promedio de 0.77 g/ton de oro y 41.14 gr/ton de plata. El estudio de factibilidad de este proyecto se hizo estimando una producción anual de 5 ton de oro y 185 ton de plata y con base en un precio de \$375(USD)/oz de oro y de \$5.75(USD)/oz de plata. De esta forma el período de recuperación del capital se estima en 4.1 a 5.5 años.

II.1.5 Dimensiones del proyecto

El proyecto minero implica el desarrollo de las siguientes obras: tajo, terreros, patio de lixiviación, piletas, planta de beneficio e instalaciones varias de servicio como taller, almacenes, laboratorio, entre otros. Todas las obras en su conjunto ocuparán directamente 522.75 ha, mas los espacios que quedarán entre las obras que suman 72.08 ha. Al encerrar todas las áreas del proyecto incluyendo las áreas internas, ver figura II.5, se calcula un área total para el proyecto de 594.83 ha. La siguiente tabla desglosa la superficie a ocupar según las diferentes obras del proyecto:

Tabla II.1 Superficie de afectación por el proyecto Dolores

| Área | Superficie (ha) | Superficie de Terreno natural (ha) ^(a) | Superficie de Terreno perturbado (ha) ^(b) |
|--|-----------------|---|--|
| Terrero Norte | 41.20 | 29.18 | 12.02 |
| Terrero Oeste | 30.16 | 21.11 | 9.051 |
| Terrero Sur | 62.63 | 41.07 | 21.56 |
| Terrero Este | 118.79 | 68.81 | 49.95 |
| Tajo | 96.50 | 49.10 | 47.40 |
| Patio | 98.97 | 79.89 | 19.08 |
| Área de proceso | 18.75 | 12.80 | 5.96 |
| Pileta | 5.46 | 3.04 | 2.42 |
| Caminos | 36.12 | 21.40 | 14.72 |
| Bordo contención Chabacan | 3.07 | 0.79 | 2.29 |
| Área inundación Chabacan | 8.20 | 5.36 | 2.80 |
| Almacén de explosivos | 0.64 | 0.45 | 0.19 |
| Relleno sanitario | 2.26 | 1.59 | 0.70 |
| Total mina | 522.75 | 334.6 | 188.147 |
| Superficie adicional (áreas entre obras) | 72.08 | 51.11 | 20.97 |
| Superficie total del proyecto | 594.83 | 385.71 | 209.12 |

(a) se compone de bosque de encino, matorral subinermes y vegetación rala (escasa)

(b) se compone de áreas abiertas, clareos y desmontes, brechas y el acomodo del poblado actual

Del total del área del proyecto, 209.6 ha, que equivalen al 35.2%, ya se encuentran perturbadas por actividades antropogénicas previas (Tabla II.2.).

Tabla II.2 Superficies a ocupar por el proyecto minero Dolores.

| Superficies. | Superficie (ha) | % respecto al total |
|---|-----------------|---------------------|
| Polígono del proyecto | 594.83 | 100.00 |
| Superficie para construcción de obras | 522.75 | 87.88 |
| Terreno natural (arbolado) dentro del polígono del proyecto | 385.70 | 64.84 |
| Terreno no arbolado (perturbado) dentro del polígono del proyecto | 209.12 | 35.16 |
| Superficie natural que se desmontará para la construcción de las obras. | 334.6 | 56.25 |

Figura II.5 Arreglo general de obras mineras.

II.1.6 Uso actual del suelo y/o cuerpos de agua en el sitio del proyecto y en sus colindancias

a) Uso actual de suelo.

De acuerdo a la interpretación de la Carta de Uso de Suelo de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), el terreno en cuestión está cubierto por un tipo de vegetación clasificada como: Ms-No (matorral subinerme-Nopalera), lo cual coincide con lo observado en campo. En las determinaciones de COTECOCA (1986), el tipo de vegetación predominante en el área corresponde al tipo de bosque de encino y de matorral subinerme que prevalece en zonas áridas y semiáridas. Finalmente, según la cartografía de INEGI a escala 1:250,000 Tecoripa H12-12 (SPP, 1982), en el área de estudio domina el bosque de encino, con escasos manchones de pastizal inducido.

Localmente, el proyecto minero Dolores presenta el tipo de vegetación de bosque de encino, matorral subinerme y nopaleras, escaso encino pino y pastizal inducido, así como el poblado Dolores y múltiples caminos y brechas de acceso producto del interés minero de la región llevado a cabo por exploraciones de desarrolladores previos en el lugar.



Foto II.4. Tipo de vegetación dominante de bosque de encino asociado a matorral y nopaleras

Derivado del muestreo de campo se concluye que gran parte de la superficie considerada para el desarrollo del proyecto, se trata de terrenos que permanentemente han sido impactados por los asentamientos humanos, usos agrícolas y/o pecuarios y que, a causa de la falta de manejo, hoy están cubiertos por una vegetación forestal secundaria. Las condiciones del terreno no favorecen el desarrollo de actividades productivas tradicionales del sector primario, por lo que el desarrollo del proyecto minero es una buena alternativa de desarrollo desde el punto de vista socio-económico.

La ubicación del poblado Dolores justamente sobre el yacimiento minero implica la re-ubicación del mismo, de acuerdo a lo descrito mas adelante, para dar cabida al desarrollo minero.

En la sección IV.2.2 de este documento se describe detalladamente el tipo de vegetación y condiciones del suelo en la zona del proyecto.

En el Anexo III se presenta la información referente al cambio de uso de suelo en terrenos forestales.

b) Uso potencial del suelo

Uso potencial agrícola

El proyecto minero se ubica en terrenos que no poseen aptitud para el desarrollo de la agricultura (SPP, 1982^a). El desarrollo de cultivos se considera de aptitud baja dada las condiciones ambientales que conforman el lugar, sólo se podría satisfacer el mínimo permisible de los requerimientos del cultivo, con rendimientos menores y las dificultades en el manejo y costos de cultivos son altos. Los procedimientos de labranza aptos en el lugar son nulos al igual que el suministro de agua. Al Este y Norte del polígono en estudio existen tierras aptas para la agricultura manual estacional con desarrollo medio de cultivos, con procedimientos de labranza bajos y nulo suministro de agua. El Distrito de riego agrícola más cercano al proyecto se ubica a más de 70 km al Este del proyecto denominado DR-083 ubicado en Papagochic con una superficie de 383.86 ha.

De esta manera, el uso potencial agrícola refleja que el área de estudio no posee cualidades para esta actividad. Sin embargo se lleva a cabo la agricultura manual estacional con un desarrollo de cultivos de repercusión local. Las especies que se siembran en parcelas familiares dentro del polígono del proyecto son el maíz (*Zea mays*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*). Se desarrollan solos algunos frutales como naranja, manzana y limoneros en los mismos terrenos del poblado.



Foto II.5. Áreas con desmonte selectivo antecedente donde ocurrió agricultura de temporal y actualmente son terrenos ociosos.

Uso potencial pecuario

El uso potencial pecuario establece que el terreno es apto para el aprovechamiento de la vegetación natural. únicamente por el ganado caprino (SPP,1982^b). El área del proyecto agrupa a los terrenos donde no es posible el establecimiento de praderas cultivadas y que sustentan cualquier arreglo de vegetación en cuya composición existan especies aprovechables. El desarrollo de especies forrajeras es bajo, con nulo establecimiento de pastizal cultivado donde la baja movilidad del ganado en el área de pastoreo y las características de la vegetación aprovechables son muy bajas. Las condiciones físicas del terreno permiten solamente la movilidad del ganado caprino.

En el lugar fue posible ver escaso ganado bovino (hatos de 3-5 individuos). Así como mulas y burros de carga y caballos como medio de transporte.



Foto II.6. Tipo de ganado más común en el área de estudio empleado para carga y medio de transporte.

Uso potencial forestal

En *materia forestal* la cobertura vegetal del proyecto minero "Dolores" presenta especies maderables dentro de tierras aptas para uso forestal (SPP, 1982^c). Las áreas del polígono minero poseen vegetación con especies maderables de potencial industrial, donde las condiciones forestales de la vegetación actual es baja y también es difícil para extracción de los productos forestales lo que limita la actividad y la restringe sólo a uso local y de tipo doméstico. No hay registros de zonas forestales aprovechadas dentro del polígono en estudio con fines comerciales. Así, el uso forestal del sitio se restringe al uso de postería para cercado, para corrales y para construcción de casas. Por otra parte la leña es combustible primario de la mayoría de los habitantes asentados en el área principalmente en invierno.



Foto II.7. La topografía es una de las limitantes en el área para el desarrollo comercial de la forestería, como se observa en este sitio de tajo.

b) Cuerpos de Agua.

El cuerpo de agua más cercano al sitio del proyecto es el río Tutuaca al cual descargan los arroyos Chabacán, que atraviesa la zona del proyecto minero; así como los arroyos Amplio y San Agustín que pasan cercanos al área del proyecto.

El río Tutuaca corre en sentido general de SSE, fluye todo el año y se localiza a aproximadamente 3.6 Km, en línea recta, al SE del actual poblado Mineral de Dolores. Los usos principales de esta corriente son para abrevadero de ganado, riego a baja escala y pesca doméstica, ya que esta corriente abriga algunas especies como bagre, matalote, sardina, mojarrita y carpas. Este río se une al río Aros y este a su vez al río Yaqui para descargar finalmente en la presa Plutarco Elías Calles, en el estado de Sonora. Esta presa se localiza a aproximadamente 110 km en línea recta al Oeste del proyecto minero.

Existe un pequeño embalse o represo que intercepta las aguas del arroyo Amplio, el cual se localiza a 2.5 km al WSW del Mineral de Dolores. Esta obra fue construida a principios del siglo Veinte cuando se operaba una mina subterránea de gran importancia en la región. Actualmente su uso principal es con fines de abrevadero de ganado.

II.1.7 Urbanización del área y descripción de servicios requeridos

La zona del Mineral de Dolores presenta condiciones muy precarias en cuanto a servicios básicos por ser una zona tan remota y de difícil acceso. La Compañía Minera Dolores tendrá que desarrollar algunos proyectos asociados, que se describen más adelante en el punto II.2.4; para proveer de la infraestructura necesaria para el proyecto minero Dolores.

Se carece en el sitio de servicio de energía eléctrica, agua potable, drenaje y sitios adecuados para disposición de basura. Actualmente se cuenta con el servicio de telefonía satelital en el campamento de exploración de la Compañía Minera Dolores. El acceso al sitio es por un camino de terracería que parte de la ciudad de Madera y tiene un trayecto aproximado de 90 Km. (Ver figura II.6). Este camino requiere de mantenimiento periódico sobre todo en época de lluvias y/o nevadas.

La empresa planea la construcción de un nuevo camino de acceso, de 92 km de largo, que partirá de la carretera Yécora-Chihuahua a la altura del poblado de Yepachic. También introducirá el servicio de energía eléctrica para lo cual se construirá una línea de subtransmisión de 115 Kv, de aproximadamente 110 km, que partirá de la subestación San Nicolás del Bravo ubicada al Noreste de Madera. Como una alternativa la empresa podría construir una línea de transmisión eléctrica partiendo de la subestación de CFE en Basaseachic, que seguiría la ruta del camino nuevo que se construirá de Yepachic. Ver figura II.6.

En cuanto a comunicaciones, la empresa instalará un sistema satelital que permitirá comunicarse a cualquier parte del mundo.

La fuente principal de agua para el proyecto minero será el río Tutuaca, donde se construirá una galería filtrante y desde ahí se bombeará el agua a un tanque elevado que estará localizado cerca de la planta de proceso. La empresa cuenta ya con la autorización de la Comisión Nacional del Agua (Oficio No. BOO.E.22.1/8.U.1259) para utilizar 2.5 millones de m³ al año de agua subterránea del acuífero Madera, dentro del cual se localizará la galería filtrante sobre el río Tutuaca. En el Anexo IV se incluye copia de la autorización de CNA.

También se utilizará agua del represo Chabacán que se planea construir aguas arriba de las obras mineras para interceptar el flujo del arroyo Chabacán. (Ver figura II.5). Otra fuente de agua será el tajo minero que acumulará el agua subterránea que fluya hacia esta zona y captará los escurrimientos de las áreas cercanas. El agua del tajo será utilizada principalmente para el riego de caminos.

Se contempla la construcción de al menos dos fosas sépticas para la disposición final de las aguas de servicios sanitarios que se generarán en las instalaciones mineras; así mismo, se asignará un sitio exclusivo como relleno sanitario donde se depositará toda la basura no tóxica que se genere desde la etapa de construcción de la mina.

Dado que el actual poblado de Dolores se ubica en la zona donde se desarrollará el tajo minero, otro de los proyectos asociados será la construcción de un nuevo poblado en la zona de Arroyo Amplio, para re-ubicar a los pobladores de Dolores. La empresa proveerá al nuevo poblado con todos los servicios básicos como son agua potable, energía eléctrica, sitio para disposición de basura y drenaje. Ver Anexo IV sobre trámites conducidos a la fecha.

Figura II.6. Localización de proyectos asociados al Proyecto Minero Dolores

II.2 Características particulares del proyecto.

El proyecto minero Dolores será un desarrollo minero que explotará un yacimiento de oro a tajo abierto, con lixiviación cianurada en montones y recuperación de los valores mediante el proceso de precipitación con zinc (Merrill-Crowe).

El mineral extraído del tajo será previamente triturado antes de depositarse en los patios de lixiviación. La planta trituradora procesará 18,000 a 25,000 toneladas métricas secas de mineral por día. Se espera una recuperación de 1,438,000 onzas de oro y 53,137,000 onzas de plata en toda la vida de la mina.

Todas las áreas donde se manejen sustancias y soluciones de proceso estarán impermeabilizadas con al menos una membrana de polietileno de baja densidad (LLDPE) de 80 milésimas de pulgada o de alta densidad (HDPE) de 60 mil, lo que disminuye la posibilidad de infiltraciones al subsuelo. El sistema de contención de soluciones de proceso estará diseñado con base en el evento máximo de lluvia en 100 años-24 horas.

Todas las soluciones de proceso se mantendrán en recirculación, por lo que no habrá descargas del proceso al entorno natural y se hará un uso eficiente del agua.

II.2.1 Programa General de Trabajo

El programa general de trabajo, que incluye las fases de preparación del sitio, construcción, operación y abandono, se muestra en la tabla II. 3. De acuerdo a este programa la construcción de este proyecto durará aproximadamente 1.6 años, mientras que la operación se dará en los siguientes 10.5 a 13.5 años y para la etapa de abandono se estiman 2 años.

Tabla II.3 Programa general de trabajo del Proyecto Minero Dolores.

II.2.2 Preparación del sitio

Una de las actividades iniciales para la preparación del sitio es ejecutar el plan de rescate de especies protegidas de flora y fauna, así como la recuperación de suelo fértil en aquellos sitios que presenten condiciones más propicias de acuerdo a lo señalado en el apartado IV.2.1. Se observa que aunque el suelo fértil no es muy abundante, se rescate la mayor cantidad posible para ser utilizado en la restauración de las diferentes obras mineras, principalmente los terreros.

La empresa podría establecer convenios con la comunidad para que se aprovechen los troncos de los árboles y otros materiales producto del desmonte que puedan ser de utilidad para ellos. Se recomienda triturar los troncos y ramas que no se aprovechen por la comunidad y depositarlos junto con el suelo fértil rescatado.

En el área del proyecto se identificó un individuo de la especie de flora protegida: biznaga (*Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus*), mientras que dos individuos del cactus (*Thelocactus heterochromus*), especie en peligro de extinción, se identificaron en la zona de arroyo amplio donde posiblemente se asiente el nuevo poblado de Dolores. En cuanto a la fauna se reportan para el sitio 31 especies protegidas, que corresponden a 20 especies de aves, 5 especies de mamíferos y 6 especies de reptiles (ver tabla IV.31).

Los desmontes del terreno se irán realizando por etapas de acuerdo a los planes anuales de desarrollo de las obras. Al menos 47.79% de la superficie total a afectar por la construcción de las obras mineras presenta disturbios previos por diferentes actividades en la zona (ver tabla II.2). La superficie natural y degradada que se irá afectando en cada etapa se muestra en la siguiente tabla:

Tabla II.4 Afectación del terreno natural y degradado por etapas

| Área | Primer etapa (año 0-1) | | | Segunda etapa (año 2-3) | | | Tercera etapa (año 4-5) | | | Cuarta etapa (año 6-7) | | | Quinta etapa (año 8-final) | | |
|---------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|
| | Total | Sup. Natural (ha) | Sup. Perturbada (ha) | Total | Sup. Natural (ha) | Sup. Perturbada (ha) | Total | Sup. Natural (ha) | Sup. Perturbada (ha) | Total | Sup. Natural (ha) | Sup. Perturbada (ha) | Total | Sup. Natural (ha) | Sup. Perturbada (ha) |
| Terrero Norte | 20.26 | 17.11 | 3.15 | 0.89 | 0.43 | 0.46 | 7.07 | 6.7 | 0.37 | 9.28 | 4.45 | 4.83 | 3.7 | 0.49 | 3.21 |
| Terrero Oeste | 19 | 16.09 | 2.91 | 6.13 | 3.11 | 3.02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.03 | 1.91 | 3.12 |
| Terrero Sur | 0 | 0 | 0 | 61.78 | 40.58 | 21.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.85 | 0.49 | 0.36 |
| Terrero Este | 1.33 | 0.96 | 0.41 | 0 | 0 | 0 | 51.19 | 39.15 | 11.43 | 38.39 | 18.11 | 20.31 | 27.89 | 10.59 | 17.8 |
| Tajo | 38.37 | 23.22 | 15.15 | 30.91 | 14.1 | 16.77 | 15 | 6.9 | 8.1 | 11.56 | 4.7 | 6.86 | 0.66 | 0.14 | 0.52 |
| Patio | 61.63 | 55.93 | 5.7 | 20.9 | 9.98 | 10.92 | 0 | 0 | 0 | 16.64 | 13.98 | 2.66 | -0.2 | 0 | -0.2 |
| Área de proceso | 18.75 | 12.8 | 5.96 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pileta | 5.46 | 3.04 | 2.42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Camino | 36.12 | 18.16 | 17.96 | 5.19 | 3.24 | 1.95 | -0.92 | 0 | -0.92 | -1.9 | 0 | -1.9 | -2.37 | 0 | -2.37 |
| Bordo contención Chabacan | 3.07 | 0.79 | 2.29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Área inundación Chabacan | 8.2 | 5.36 | 2.8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Almacén de explosivos | 0.64 | 0.45 | 0.19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Relleno sanitario | 2.26 | 1.59 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 215.09 | 155.5 | 59.64 | 125.8 | 71.48 | 54.32 | 72.34 | 52.75 | 18.98 | 73.97 | 41.24 | 32.76 | 35.56 | 13.62 | 22.44 |

El sitio donde se desarrollará el proyecto Dolores presenta una topografía abrupta por lo que se requerirá de importantes obras de cortes y rellenos en el terreno para facilitar el acceso, la instalación y funcionamiento de los equipos y maquinaria de operación.

Las principales acciones de preparación del sitio según la obra minera se describen enseguida:

Tajo

El diseño del tajo se realizó con base en evaluaciones geológicas y geotécnicas del sitio. Las investigaciones de campo incluyeron obras de exploración, mapeo de discontinuidades y cortes para investigar la masa rocosa y las condiciones de la estructura en lo que serán las paredes noroeste y suroeste del tajo. En el anexo V se presenta una traducción al español del reporte sobre el diseño del tajo, a nivel estudio de factibilidad, realizado por Golder Associates Inc. con base en Reno, Nevada, EUA.

Por lo abrupto de la topografía y para facilitar el acceso y maniobras de la maquinaria, se requerirá la construcción de caminos desde la etapa de preparación del sitio. Previo al minado se realizarán trabajos de desmonte y despálme del terreno. Los desmontes se irán realizando gradualmente de acuerdo al programa de explotación del tajo, como se muestra en la tabla II.4 y las figuras II-7 a II.11, que muestran el arreglo de las obras al término de las fases 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

El tajo minero ocupará 96.5 ha en su etapa final, de las cuales 47.40 ha ya presentan disturbios de acuerdo al análisis de vegetación realizado (Ver tabla II.1).

Terreros

Se asignarán varios sitios para depositar el material estéril que se irá generando por el desarrollo de la mina. Parte del material estéril se utilizará para la construcción de caminos y el resto se irá depositando sobre el terreno natural sin realizar obras de preparación importantes, con excepción de algunos desmontes y despalmes del terreno sobre todo en zonas que lo requieran para mejorar la estabilidad del terreno.

Los terreros ocuparán una superficie total de 252.78 ha en la fase final de la mina, de los cuales 93.08 ha se encuentran ya perturbadas.

Patio de lixiviación

Los trabajos de preparación del sitio consistirán de un desmonte total del terreno y descapote del mismo, seguido de trabajos de cortes y rellenos de acuerdo a un plan de nivelación del terreno, previo a la instalación del sistema de impermeabilización del patio, que permita obtener una pendiente máxima global de 2.5H:1V y una pendiente local de 1.5H:1V en conjunto con bancos de 5 m de ancho en el apilamiento de mineral.

Los desmontes y despalmes se realizarán por etapas de acuerdo al plan de crecimiento del patio de lixiviación. El patio de lixiviación ocupará un total de 98,97 ha en su etapa final de las cuales 19.08 ha presentan afectación previa a la vegetación natural.

Área de proceso y servicios

Esta área incluirá la planta trituradora, la planta de proceso, el taller, oficinas administrativas, laboratorio, subestación eléctrica, almacenes y sitio para disposición de desechos no tóxicos.

Se realizará desmonte y despálme del terreno, seguido de importantes obras de cortes y rellenos para conformar diferentes plataformas donde se instalarán los diversos equipos de proceso e infraestructura de apoyo.

Toda el área de proceso y servicios abarcará 18.75 ha y se construirá desde la primer etapa de la mina. De la superficie a afectar, 5.96 ha corresponden a terrenos perturbados que no presentan vegetación natural.

II.2.3 Construcción de obras mineras

Las principales consideraciones bajo las cuales se diseñó el proyecto Dolores se describen enseguida para cada obra a desarrollar:

II.2.3.1 Tajo

El diseño del tajo está basado en un estudio de estabilidad de taludes realizado por la empresa consultora Golder Associates Inc. En el Anexo V se presenta un resumen de este estudio.

El tajo se desarrollará en una serie de expansiones hacia afuera. La vía de acceso será una rampa sencilla que entrará al tajo donde el arroyo Chabacán intercepta la pared este-central y sigue en un corredor estrecho entre las áreas norte y sur del tajo.

El tajo final tendrá una dimensión aproximada de 2,000 metros de largo en dirección N30° W, con un ancho aproximado de 730 m en el extremo sur y 500 m en el extremo norte y una sección central que se estrecha a aproximadamente 500 m. La altura general de la pared del tajo será de 535 m donde la cresta corta la topografía próxima a los cerros "Twins", mientras que en el extremo sur del tajo la altura estará en el rango de 240 a 320 m y en el extremo norte la altura de la pared será de 200 a 359 m, excepto donde la topografía baja precipitadamente hacia el arroyo Chabacán donde la altura de la pared disminuye a aproximadamente 120 m.

La elevación del piso del tajo es de 1325 m en el extremo norte del tajo y de 1215 en el extremo sur.

En las Figuras II.7 a la II.11 se observa el crecimiento paulatino de las áreas de tajo y terreros. Se describe enseguida brevemente las diferentes etapas de minado:

Etapa 1:

Esta etapa comprende los años 0 y 1 de desarrollo. Durante este período se extraerá un total de 33 millones de toneladas de roca, de las cuales 5.4 millones de toneladas corresponden a mineral y 27.6 millones de toneladas será material estéril.

La explotación del tajo se iniciará en la parte norte, a donde se tiene acceso por el camino que llega desde Yepachic. El material estéril se utilizará primeramente en la construcción de caminos y rampas de acceso a las diferentes instalaciones mineras. También se utilizará para la construcción del bordo de contención sobre el arroyo Chabacán. Posteriormente en la etapa 1 se abre la explotación en la zona sur del tajo y se inicia la formación de los terreros Norte y Oeste.

En esta etapa se construye la mayor parte de la base del patio de lixiviación y pileta de proceso y se completa la construcción de polvorín, planta de proceso y demás instalaciones e infraestructura de apoyo. Ver figura II.7.

Etapa 2

Esta etapa corresponde a los años 2 a 5 de operación. Durante esta etapa se explotarán 130.5 millones de toneladas de roca, de las cuales 25.9 millones de toneladas serán de mineral y 104.6 millones serán de material estéril. En esta etapa se continúa con la disposición de material estéril en el terrero Norte, se completa el terrero Oeste y se inicia y termina con el terrero Sur. Ver figura II.8

Etapa 3

El minado en esta etapa (años 6 y 7), se dará mayormente en la zona sur y central del tajo. Se extraerán en esta fase un total de 67 millones de toneladas de roca, que

corresponden a 13 millones de mineral y 54 millones de material estéril. Se continúa con la disposición de material en el terrero Norte y el terrero Este.

La construcción de la base del patio de lixiviación alcanza el 90 % de avance en esta etapa. Ver figura II.9.

Etapa 4

Esta etapa se asocia con los años 8 y 9 de operación de la mina. Durante este lapso se planea extraer 60.4 millones de toneladas de roca, de las cuales 13.0 millones serán mineral y 47.4 millones serán material estéril. Se explota principalmente la zona central del tajo uniéndose la parte norte y sur del mismo.

En este período se completa el terrero Norte y se continúa usando el terrero Este. La construcción de la base del patio de lixiviación se concluye en este período. Ver figura II.10

Etapa 5

Es la etapa final correspondiente a los años 9 y 11.5 de minado, en esta última etapa se extraerán 49.9 millones de toneladas de roca, equivalente a 15.3 millones de mineral y 34.6 millones de material estéril. El terrero Este es el único activo en esta fase de minado.

Las paredes finales del tajo se irán conformando hasta lograr los ángulos de talud recomendados al finalizar esta última etapa. Así mismo, los terreros alcanzarán su talud final de 2.5H:1V, a medida que se va completando el vaciado de material estéril. Ver figura II.11 y II.12.

II.2.3.2 Terrero

Aproximadamente 268 millones de toneladas de material estéril será generado en toda la vida de la mina, que serán distribuidos en cuatro terreros, caminos de acceso y relleno parcial del tajo, según se muestra en la siguiente tabla:

Tabla II.5. Distribución del material estéril por terrero

| Terreo | Millones de toneladas de material estéril | Material predominante |
|------------------------------|---|-----------------------|
| Norte | 29.47 | Andesita y Latita |
| Oeste | 20.87 | Latita volcánica |
| Sur | 56.05 | Andesita y Latita |
| Este | 104.17 | Andesita y Diorita |
| Caminos y rampas | 14.88 | Andesita y Latita |
| Camino de acceso en el sitio | 4.3 | Andesita y Latita |
| Relleno parcial del tajo | 33.6 | Andesita y Diorita |
| TOTAL | 268.34 | |

Los terreros se irán conformando sobre el talud o pendiente natural del terreno, con varios bancos y banquetas que permitan alcanzar fácilmente un talud general de 2.5H:1V, esto es un ángulo aproximado de 22°. La parte superior del terrero será suavizada a un máximo de 3H:1V a menos que el terreno favorezca una pendiente más suave, de tal forma que los escurrimientos pluviales fluyan sin causar erosión y sin crear estancamientos sobre el terrero. Este arreglo final favorecerá el establecimiento de la vegetación en la etapa de restauración. En la figura II.11 Etapa 5, se muestra el arreglo final que tendrán los terreros y demás obras mineras.

Se estima que a lo mucho un 17.9% del material estéril será potencialmente generador de ácido por lo que se tendrá cuidado de que este material quede cubierto o mezclado por el material inerte, de tal forma que no este expuesto a procesos erosivos y de disolución por lluvias. En el apartado II.2.8.1 se detalla las pruebas de caracterización realizadas, sus resultados e interpretación de los mismos.

Figura II.7 Arreglo general al término de la etapa 1 (años 0-1)

Figura II.8 Arreglo general al término de la etapa 2 (años 2-5)

Figura II.9 Arreglo general al término de la etapa 3 (años 6-7).

Figura II.10 Arreglo general al término de la etapa 4 (8-9).

Figura II.11 Arreglo general al término de la etapa 5 (9-11.5).

Figura II.12 Secciones del arreglo general de las obras mineras en la etapa 5

II.2.3.3 Planta de trituración

El terreno donde se instalará la planta trituradora requerirá primeramente de cortes y compactaciones importantes en el terreno, que nivelarán el piso y proveerán del soporte suficiente a los equipos de trituración.

La pared que soportará la quebradora primaria en el punto donde los camiones descargarán el mineral, será un corte vertical en el terreno natural de aproximadamente 15 y 25 metros. Esta pared estará reforzada y detenida por la estructura de concreto y acero de la trituradora primaria, para evitar cualquier inestabilidad o falla del terreno durante las maniobras de descarga del mineral. Todas las estructuras de concreto y de acero que conforman la planta trituradora estarán recubiertas de placas resistentes a la abrasión en los puntos de mayor desgaste por el roce del material.

El mineral extraído del tajo será llevado en camiones de aproximadamente 100 a 175 ton, al área de trituración donde se mantendrá un apilamiento de 20,000 a 30,000 toneladas. El mineral será alimentado a la trituradora primaria directamente por los camiones de acarreo o utilizando un cargador frontal si se utiliza material del apilamiento.

Después de la trituradora primaria y secundaria el material se depositará, mediante una banda transportadora, a un apilamiento de material de gruesos de aproximadamente 20,000 ton. Debajo de este apilamiento se construirá un túnel de reclamo, De este punto se transferirá el material a la trituradora terciaria mediante bandas alimentadoras de velocidad variable.

El producto de la trituradora terciaria será transportado por una banda de colección y una banda reversible que descargará en la trituradora terciaria. El producto final será transportado por bandas al sistema de apilamiento del patio de lixiviación.

El arreglo general de la planta de trituración se puede ver en la figura II. 17 más adelante..

II.2.3.4 Patio de lixiviación

El diseño del patio de lixiviación se basó en el estudio realizado por Golder Associates Inc, por lo que las siguientes descripciones se tomaron de dicho estudio.

El patio de lixiviación será del tipo de relleno de valle (valley fill) y consistirá de un terraplén de relleno, un sistema de doble impermeabilización (membrana plástica y arcilla). Se construirá un sistema de piletas externas impermeabilizada con capacidad para contener el evento máximo de lluvia en 24 horas, 100 años de período de retorno, así como el inventario de soluciones y volumen de drenado del patio.

El arreglo final del patio cubrirá una superficie aproximada de 1 millón de metros cuadrados, que se desarrollará en cuatro fases. El patio se diseñará de tal forma que el mineral pueda apilarse hasta una altura aproximada de 160 m con pendiente general de sus taludes de 2.5H:1V. Ver figura II.13.

Las primeras 8 capas de mineral serán de 15 m de alto y las siguientes 14 capas serán de 10 m de alto. Esto resultará en una altura promedio de 44 m y la máxima profundidad del apilamiento de mineral será de 160 m. El patio tendrá capacidad para almacenar 75 a 81 millones de toneladas métricas de mineral.

El diseño del patio se soportó con análisis de estabilidad de taludes, el cual consideró cuatro tipos de falla potencial:

1. Falla circular general con falla crítica a través de la cresta y la base
2. Falla circular local con falla crítica a través del apilamiento
3. Falla de bloque general (no circular) con la superficie de falla crítica a lo largo de la línea entre capas
4. Falla de bloque local (no circular) con la superficie de falla crítica a lo largo de línea entre capas.

También se evaluó los efectos del asentamiento del material como resultado de la altura de 160 m que alcanzará el apilamiento. El análisis mostró un asentamiento máximo de 1.18 m que ocasionaría un estiramiento de la membrana de aproximadamente 0.24 % lo cual está debajo del 13 % que soporta una membrana plástica de 80 mil, como la que se instalará en los patios.

El patio de lixiviación se conformará por las siguientes obras:

- Una superficie impermeabilizada de aproximadamente 1, 037,000 m². Se instalará un sistema de membrana compuesta que consistirá de las siguientes capas de abajo hacia arriba:
 1. Terreno nivelado y compactado
 2. Capa de arcilla o membrana sintética de arcilla
 3. Membrana de polietileno de baja densidad linear (LLDPE) de 80 milésimas de pulgada.
 4. Capa de al menos 0.6 m de alto de material de drenado en las trayectorias de drenaje y sobre la tubería de colección de soluciones de proceso.
- Un sistema de piletas externas con capacidad para contener el flujo resultante de un año húmedo, más el evento máximo de lluvia en 100 años-24 horas y el drenado de las soluciones del patio en caso de una falla en bombeo por 48 horas.

El sistema de piletas se conformará de:

Una piletta de proceso de 68,900 m³ de capacidad, esto es 54,384 m³ de almacenamiento de operación y 2, 604 m³ de almacenamiento muerto considerando 0.3 m de bordo libre en la piletta.

Dos piletas de almacenamiento de agua, una a construir en la fase 1-2 de construcción del patio de lixiviación, de 213,000 m² y la otra en la fase 3-4 de 166,000 m³. Estas piletas se diseñaron para contener el exceso de soluciones de proceso, los escurrimientos por lluvia y la tormenta máxima en 24 horas-100 años.

El sistema de impermeabilización de las piletas consistirá de lo siguiente:

1. Terreno nivelado y compactado
2. Membrana plástica secundaria de polietileno de alta densidad de 60 milésimas de pulgadas (60 mil HDPE).
3. Geonet (sistema de colección y recuperación de fugas), similar al descrito para la piletta interna.
4. Membrana de polietileno de alta densidad (HDPE), de 60 mil.

Algunos otros criterios de diseño del patio serán:

- Se construirán obras de desviación de aguas meteóricas con capacidad para una tormenta de 100 años-24 horas, en el perímetro del patio y piletas.
- Se construirá un camino alrededor del perímetro del patio.
- Se instalará un sistema de detección de fuga entre la doble membrana impermeable de las piletas de proceso.
- La solución rica de patios fluirá a la piletta de proceso a través de una de las tres tuberías grandes que viene del patio de lixiviación. La piletta de proceso tendrá un sistema dual para bombeo de las soluciones hacia la planta Merrill-Crowe.
- Se construirá un vertedor impermeabilizado con concreto y anclado a la capa impermeable de las piletas, para pasar flujo de soluciones de una piletta a la otra.

Las figuras II.13, II.14 y II.15 muestran respectivamente: el arreglo general del patio, detalles de construcción de la membrana impermeable y el sistema de colección y recuperación de fugas en la piletta interna del patio de lixiviación.

Figura II.13 Arreglo general del patio de lixiviación

Figura II.14 Detalles de la membrana impermeable en el patio de lixiviación

Figura II.15 Sistema de colección y recuperación de fugas en la pileta de proceso

Sobre la membrana impermeable del patio de lixiviación se colocará un sistema de tuberías de colección de lixiviados. Estas tuberías estarán dentro de la capa de material permeable que se colocará encima de la membrana y tendrán la capacidad de captar dos veces el flujo que se produzca en la zona de drenado tributaria a cada tubería.

El sistema de colección de lixiviados se diseña de tal forma que se minimice la presión hidráulica sobre la membrana impermeable. Las tuberías de colección se incrementarán en diámetro a medida que se acercan al área de almacenamiento de soluciones de proceso (pileta interna), ya que se va incrementando el flujo por las áreas mas extensas que drenan hacia los mismos.

Las tuberías en la fase I del patio serán de HDPE (polietileno de alta densidad) DR-11 y tendrán diferentes diámetros según la zona del patio. En la fase II se utilizarán tuberías de PCPE (tuberías de polietileno corrugadas y perforadas).e igualmente serán de diferentes diámetros según la inclinación y zona del patio. Para la fase III no se instalarán tuberías de colección debido a lo empinado de esta zona. En la fase IV se utilizarán tuberías de PCPE (tuberías de polietileno corrugadas y perforadas).e igualmente serán de diferentes diámetros según la inclinación y zona del patio.

Una vez que se coloca la primer capa de mineral se procede a la instalación del sistema de irrigación de soluciones cianuradas sobre la superficie del apilamiento.

II.2.3.5 Construcción de planta de proceso

El área de proceso estará contigua y en un nivel mas bajo que la planta de trituración. Por lo abrupto de la topografía en esta zona se requerirán importantes obras de relleno para conformar la plataforma donde se asentarán las instalaciones de proceso. Ver figura II.16 que muestra varias secciones del arreglo general de las instalaciones de proceso.

La nave de proceso ocupará una área aproximada de 48 m X 30 m. y abrigará todas las instalaciones de la planta Merrill-Crowe (MC) que incluye clarificadores, filtros de precipitación, horno de retorta y horno de fundición. Toda la planta estará cercada con malla ciclónica y dispositivos de seguridad. En la mayoría de las áreas existirá un techo de protección contra la lluvia.

Cercano a la nave industrial se construirá el área del tanque de solución pobre, así como el área para almacenar y preparar las sustancias químicas para el proceso, como el cianuro de sodio. Estas áreas estarán cercadas con malla ciclónica y contarán con piso de concreto y cárcamos para contención de posibles derrames. La solución rica de patios se recibirá en la pileta de proceso, de donde se bombeará a la planta Merrill-Crowe y de ahí al tanque de solución pobre. Las tuberías de solución rica y pobre que conectan esta área con los piletas y patio de lixiviación, estarán colocadas sobre un canal impermeabilizado. También cualquier tubería que conecte esta área con la planta Merrill-Crowe estará sobre terreno impermeabilizado y con contención en caso de derrames. Ver el arreglo general de la planta de proceso e instalaciones de servicio en la figura II.17 y el arreglo particular de la planta Merrill-Crowe en la figura II.18.

Toda las áreas donde se manejen soluciones de proceso, sustancias y la escoria de fundición, estarán sobre terreno compactado con piso de cemento, de 0.3 m de espesor promedio. Las áreas de proceso contarán con varios cárcamos y bombas para contener posibles derrames de soluciones y regresarlos al proceso.

Figura II.16 Secciones del arreglo general de las instalaciones de proceso (figura II-17)

Figura II.17 Arreglo general de las instalaciones de proceso y servicio.

Figura II.18 Arreglo de la planta Merrill-Crowe

II.2.3.6 Construcción de obras de apoyo*Obras de control de avenidas y desviación de aguas superficiales*

Se planea construir un terraplén o bordo de contención sobre el arroyo Chabacán, aguas arriba de donde se proyecta el desarrollo del tajo, para conformar el represo Chabacán. Esta obra tendrá el propósito de regular el volumen de agua superficial hacia la zona del tajo, así como para almacenar agua durante las lluvias para abastecer parte del requerimiento de agua de las operaciones mineras.

El represo Chabacán tendrá una capacidad aproximada de 1 millón de metros cúbicos estará conformado por un terraplén de 6 m de ancho en la parte superior a una elevación de 1,560 msnm. El ángulo de talud corriente arriba será de 3H:1V y de 2.5H:1V corriente abajo. El bordo tendrá una altura de 39 m de la cresta a la base del talud exterior (corriente abajo).

Se anticipa que todo el material a utilizar en el bordo provendrá de la etapa de preproducción de la mina. En el anexo VI se incluye el reporte detallado sobre el diseño del represo Chabacán.

Dado que el curso principal de los escurrimientos superficiales se verá interrumpido por la construcción del patio de lixiviación y las instalaciones de proceso, se diseñaron obras de desviación de escurrimientos alrededor de estas áreas consistentes en canales y alcantarillas. Las dimensiones de las obras se basaron en flujos esperados en un evento extraordinario de lluvia en 100 años-24 horas. En la figura II.11 se aprecia la trayectoria general que tendrán los canales de desviación de aguas meteóricas al finalizar las operaciones mineras.

Los canales fueron diseñados por la empresa Golder Associates Inc, mientras que las alcantarillas las diseñó la empresa M3 Engineering. En las figuras II.19 y II.20 se aprecian detalles de la trayectoria de algunas de los canales a construir, así como secciones típicas de estos. En el anexo VI se presenta un reporte de la empresa Golder Associate Inc., que describe la metodología y características de diseño de las obras hidráulicas.

Figura II.19 Obras de desviación de aguas superficiales

Figura II.20 Secciones de las obras de desviación de aguas superficiales

Taller/almacén/laboratorio/oficinas

Se diseñó un edificio o nave de acero de dos pisos donde se alojará el taller, almacén, oficinas administrativas y laboratorio. La localización general de este edificio se muestra en la figura II.17.

La planta baja del edificio será de aproximadamente 106 m x 48 m y alojará el taller de mina, el almacén general, el laboratorio y las oficinas de seguridad y protección industrial. El almacén ocupará 1,200 m² y el laboratorio y las oficinas de seguridad ocuparán 750 m².

La zona del taller tendrá grúas aéreas para dar servicio a la flotilla de la mina y tendrá el espacio suficiente para acomodar la flotilla de maquinaria de la mina. Dentro del taller se asignará un área exclusiva para reparación de vehículos menores. La instalación incluye un área de almacén para materiales, así como oficinas, baños, cuarto de herramientas y cuarto de entrenamiento.

Se incluirán en el taller algunas áreas o secciones con acero o concreto empotrado en el suelo, que serán utilizados para reparar y dar mantenimiento a equipo rodado. Adyacente al taller se construirá un área para lavado y limpieza de vehículos.

Todos los suministros para la operación minera, con excepción de los reactivos para el proceso, serán recibidos, almacenados y distribuidos en este edificio. Adyacente al almacén se tendrá un área cercada donde se colocarán artículos muy grandes y materiales a granel que puedan resistir la exposición al ambiente.

El laboratorio estará en un área aislada en la planta baja de este edificio. El laboratorio estará equipado para realizar varias pruebas metalúrgicas. Todos los cuartos estarán equipados con campanas de extracción, ventiladores y dispositivos que garanticen el adecuado manejo de las sustancias manejadas en el sitio; así como para remover cualquier agente nocivo. Todos los residuos líquidos que se generen serán descargados en el patio de lixiviación. Los residuos sólidos como la escoria, crisoles y copelas serán colectados y dispuestos como residuos peligrosos en un sitio autorizado.

En el segundo piso de este edificio se establecerán las oficinas administrativas, que tendrán espacio para el gerente general, gerente de mina, personal de administración, recursos humanos, contabilidad, operación y mantenimiento del tajo, operación y mantenimiento de la planta de proceso, servicios técnicos y ambientales. En este piso se equipará un área de comedor para los empleados y otra área para entrenamiento. En esta área también se alojará el personal de enfermería.

Almacén de explosivos

El almacén de explosivos será construido a aproximadamente un km en línea recta, al Este de la planta de proceso, a un costado del camino de acceso. Ver figura II.5. Se construirán dos edificios, uno para el material explosivo y otro para los dispositivos detonadores y accesorios, se instalarán también tres silos para el almacenamiento de nitrato de amonio (ANFO). El área estará cercada y se construirá en total apego a las especificaciones que establece la Ley de Armas de Fuego y Explosivos.

Almacén de residuos peligrosos

Se asignará al menos un sitio dentro de las instalaciones mineras para almacenar residuos peligrosos. Uno de ellos se propone localizar junto al almacén de suministros que se ubicará a un costado del edificio del taller. Ver figura II.17.

El almacén de residuos peligrosos contará con piso de cemento y cárcamos para colección de derrames o fugas, cerco de malla ciclónica y acceso controlado y cumplirá con las especificaciones que marca el Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos (Art. 14, 15)..

Almacén de combustibles

A un costado del taller, se construirá un área adecuada para el almacenamiento y abastecimiento de combustible (diesel y gasolina). El diseño de esta área considera la impermeabilización y doble contención para en caso de derrames de combustible. Ver figura II.17.

Un tanque de gas propano de 38,000 litros se instalará a un costado de la planta Merrill-Crowe. También otro tanque de 7,560 litros, se instalará cerca del taller, para uso en el laboratorio de metalurgia, calefacción y calentamiento de agua.

Sistema de abastecimiento de agua

El agua para el proceso será abastecida por tubería desde una galería filtrante en el río Tutuaca, a aproximadamente 6 km de distancia; y del represo Chabacan, cuando haya disponibilidad, para reducir los costos de bombeo del río Tutuaca. Se instalará un tanque elevado a donde llegarán las tuberías del río y del represo, y desde el cual se surtirá el agua para las diferentes áreas operativas.

También se aprovechará el agua acumulada en un cárcamo de colección dentro del tajo para el riego de caminos.

Subestación eléctrica

Inicialmente la energía se producirá a través de una sistema de 5 generadores diesel con capacidad de 9 Mwatt de potencia que proveerá a la subestación. Eventualmente la energía se podrá suministrar por medio de línea de energía eléctrica que se traerá desde la subestación en Nicolás de Bravo en el municipio de Madera o de Yepachic en el municipio de Temosachi.

Se construirá una subestación principal de 42 m X 40 m, en las instalaciones mineras donde terminará la Línea de Subtransmisión de 115 Kv que viene de Nicolás Bravo. La subestación consistirá de 2 transformadores de 7.5/10 MVA y 15/115 Kv estará ubicada a un costado de la planta Merrill-Crowe. Ver figura II.17. De esta subestación partirán las líneas de distribución de energía eléctrica a las diferentes áreas de operación de la mina.

Relleno sanitario

Se asignará un sitio para la disposición de residuos sólidos no tóxicos, al SW del área de taller y oficina. Ver figura I.5. El área cumplirá con las especificaciones que establece la NOM-083-SEMARNAT-2003 para este tipo de sitios.

Fosas sépticas

Se construirán tres fosas sépticas. dos cercanas al área de taller y oficinas y otra en el áreas de planta. Ver figura II.17. El sistema cumplirá con todas las especificaciones que establezca la normatividad vigente. En algunas áreas de la mina se instalarán sanitarios portátiles.

II.2.3.7 Proyectos asociados

Camino de acceso

Un nuevo camino de acceso, a partir del poblado de Yepachic, ubicado sobre la carretera federal No. 16 que conecta Sonora con Chihuahua, será construido y/o rehabilitado. Este camino tendrá una trayectoria de 92 km desde Yepachic hasta el sitio del proyecto. El camino tendrá 7 m de ancho (dos sentidos), estará cercado, con alcantarillas y parillas pasaganado. La empresa será responsable de dar el mantenimiento regular a este camino para que sea transitable todo el año. En la figura II.6 se muestra la trayectoria general de este camino.

A lo largo de la camino proyectado se presentan cuatro diferentes secciones que requerirán diferentes tipos de obras de desarrollo. La primera sección, de aproximadamente 60 km, es un camino de terracería bien transitado que da servicio a ranchos cercanos a Yepachic. Esta sección tiene varias pendientes que requerirán alcantarillas y cortes en el terreno para alcanzar la pendiente deseada. Los siguientes 20 km es una brecha para vehículos que deja el camino principal y continúa a lo largo de la cordillera que corre a Dolores. Esta sección requerirá de obras de desarrollo y alineamiento para eliminar distancias innecesarias, así como algunos cortes para mejorar la pendiente. La tercera sección, de aproximadamente 8 km, será una nueva construcción y requerirá de obras para continuar al norte a lo largo de la cordillera y bajar hasta interceptar un camino existente que va del El Refugio a Arroyo Amplio. La cuarta y última sección es un camino existente que llega a Arroyo Amplio y a un nuevo acceso a la zona Norte del tajo minero.

Energía eléctrica

Como ya se mencionó, la energía se producirá a través de una sistema de 5 generadores diesel con capacidad de 9 MWatt de potencia que proveerá a la subestación. Eventualmente la energía se podrá suministrar por medio de línea de energía eléctrica que se traerá desde la subestación en Nicolás de Bravo en el municipio de Madera o Yepachic en el municipio de Temosachi.

La energía se distribuirá en el sitio del proyecto por una combinación de líneas aéreas y subterráneas, con transformadores en sitios apropiados. Se tendrá suficiente capacidad para proveer de energía al nuevo poblado de Dolores y al campamento de empleados. Para el caso del poblado, la energía se entregará y medirá en cada casa, por lo que el consumo se pagará directamente a CFE por cada usuario.

Si la empresa introduce el servicio de energía eléctrica de la CFE, se espera que el abastecimiento sea confiable, sin embargo, ocasionalmente puede haber fallas en el suministro por lo que se tendrán disponibles dos generadores diesel para en caso de fallas del suministro de CFE. El mantenimiento de la línea eléctrica será responsabilidad de la CFE.

Re-localización del poblado Mineral de Dolores

El actual poblado Mineral de Dolores se localiza justo en la zona donde se desarrollará el tajo minero por lo que se tendrá que re-ubicar para dar cabida a las obras del proyecto Dolores. En el 2003 CABIN hizo un estudio en el poblado reportando un inventario de 80 casas-habitación, de las cuales 4 se encuentran muy retiradas y no serán afectadas por el desarrollo de la mina, además se cuenta con 6 locales de uso comunitario como son la iglesia, la escuela, la oficina del ejido, oficina de las autoridades de gobierno y salón comunitario.

Las negociaciones con cada uno de los propietarios de las casas y con los representantes del ejido están en proceso, ofreciendo la empresa varias alternativas a conveniencia de las

partes interesadas. El sitio acordado para el nuevo poblado es en la zona de Arroyo Amplio, a 3 Km al SW del actual poblado. Ver figura II.5 y II.6.

Una firma de arquitectos de la ciudad de Chihuahua ha sido seleccionada para elaborar el proyecto del nuevo poblado. La empresa proveerá de los terrenos a aquellos que deseen relocalizarse al nuevo poblado y diseñará cada uno de los edificios públicos arriba mencionados.

La Compañía Minera Dolores será responsable de construir un sistema de agua potable, instalaciones sanitarias y redes de distribución de energía eléctrica al nuevo poblado. Pero una vez concluida la construcción de estas obras, el mantenimiento y operación de ellas será responsabilidad de la comunidad.

El cementerio actual del poblado Mineral de Dolores, permanecerá sin afectarse por las obras mineras y los pobladores tendrán acceso seguro a este sitio.

Campamento de empleados

La empresa planea construir un campamento para alojar 200 empleados. El campamento se localizará en una zona contigua al nuevo poblado, aunque serán asentamientos independientes separados por una distancia razonable. El campamento contará con áreas recreacionales, lavandería y cafetería.

Los diferentes permisos y autorizaciones que requieran estos proyectos asociados, serán conducidos en forma separada al proyecto minero y estarán a cargo de la Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

II.2.5 Etapa de operación y mantenimiento

Las operaciones mineras darán inicio una vez construidas y equipadas las instalaciones mineras y se estima duren aproximadamente 13.5 años. El minado tendrá una duración de aproximadamente 9 – 11.5 años pero continua la lixiviación residual y beneficio por 1.5 años más de acuerdo a lo siguiente:

| Fase | Duración (años) |
|--|------------------------|
| Preparación del sitio y construcción | 1.5 |
| Operación (minado, lixiviación y beneficio) | 9 a 11.5 |
| Operación (lixiviación residual y beneficio) | 1.5 |
| Restauración | 2 |

El tiempo total de la vida de la mina será aproximadamente de 14 a 17 años ya que la fase de restauración iniciará paralelamente con la lixiviación residual. En la etapa de construcción se ocuparán 219 personas, mientras que en la etapa de operación se emplearán aproximadamente 400 personas, distribuidas en las diferentes áreas de la empresa de acuerdo a lo siguiente:

Tabla II.6. Requerimientos de personal para la operación del proyecto.

| Área | Número de empleados en la etapa de construcción | Número de empleados en la etapa de operación |
|-------------------|---|--|
| Administrativa | 39 | 46 |
| Medio ambiente | 10 | 13 |
| Operación mina | 97 | 241 |
| Ingeniería | 9 | 9 |
| Geología | 4 | 4 |
| Laboratorio | 11 | 17 |
| Planta de proceso | 49 | 70 |
| Total | 219 | 400 |

II.2.5.1 Resumen de las operaciones

Las operaciones del proyecto minero Dolores se resumen en el diagrama general de bloques que se muestra en la figura II.21, en el cual se aprecian cinco fases principales que constan del minado, trituración, lixiviación, recuperación con zinc y fundición.

En la etapa de minado se utilizarán explosivos para la fragmentación de la roca que será extraída por el método a tajo abierto. Esta operación generará dos tipos de material: el mineral que pasará a la etapa de trituración y posteriormente a los patios impermeabilizados para la lixiviación; y el tepetate o material estéril que será depositado sobre el terreno natural en áreas predeterminadas donde se formarán apilamientos llamados terreros.

El apilamiento de mineral en los patios impermeabilizados será sujeto a lixiviación con soluciones cianuradas (500 mg/l de NaCN). La recuperación de los valores de oro y plata de las soluciones lixiviantes se llevará a cabo por medio de la precipitación con zinc. Todas las soluciones de proceso se mantendrán en un circuito cerrado y sobre áreas impermeabilizadas, lo que reduce sustancialmente la posibilidad de contaminación al entorno natural.

El precipitado de zinc, que contiene los valores de interés, se somete primeramente a secado al vacío para extraer y colectar el contenido de mercurio y posteriormente a fundición donde se producirá el doré y residuos de escoria.

Figura II.21. Diagrama general de las operaciones mineras.

Se describe enseguida cada una de las etapas de la operación minera.

II.2.5.2 Minado

Una vez que las actividades de exploración en el sitio permiten definir la ubicación del yacimiento minero, la siguiente fase es realizar barrenaciones adicionales y estudios geotécnicos para definir el plan de minado que contemplará el desarrollo de obras estables durante la extracción del mineral y el material estéril.

Con base en los mapas del yacimiento y el plan de minado, se diseñan las voladuras (distribución y espaciamiento de los barrenos para explosivos), con lo que permitirá fracturar la roca para ser extraída mediante maquinaria pesada como cargadores frontales y pala hidráulica y será transportada mediante camiones hidráulicos de 100 a 185 Ton a la zona de trituración, donde inicia el proceso de beneficio del mineral.

Otras maniobras que se requieren realizar a la par con la extracción y acarreo de la roca, son la conformación adecuada y mantenimiento de bancos y banquetas que irán conformando los taludes del tajo, así como las bermas de protección, riego y mantenimiento de caminos de servicio dentro y fuera del área de minado. Para estas maniobras de apoyo se utilizan retroexcavadoras, cargadores frontales y carro tanques de agua.

El material estéril o tepetate será transportado, en las primeras fases, hacia áreas que requieren rellenos y para construcción de rampas y caminos de acceso, y posteriormente hacia las diferentes zonas asignadas para terreros. También se planea utilizar la roca estéril para relleno parcial del tajo minero.

Se estima que aproximadamente 33.6 millones de toneladas del material, principalmente andesita, será depositado dentro del tajo minero, el cual se espera se convierta en un lago en la etapa de abandono. Golder Associates Inc. realizó una modelación para predecir la calidad del agua del tajo en la etapa de abandono de la mina. Ver sección II.2.8.4.

El minado durará un período de 9 a 11.5 años y se estima que serán extraídas 70 a 79 millones de toneladas de roca mineral y 268 millones de toneladas de tepetate en toda la vida de la mina, esto se traduce en una razón promedio de descapote de 3.3:1 a 3.7:1 (tepetate: mineral).

Las toneladas de mineral que se colocarán en el patio de lixiviación cada año permitirán la recuperación de 125,000 a 160,000 onzas de oro y 4, 600,000 a 6,000,000 onzas de plata anuales.

Se presenta en la tabla II. 16 Las toneladas de roca mineral y tepetate que se generará por año . En las figuras II.7 a II.11 se presenta el arreglo de las obras mineras a medida que se avanza en las etapas del minado del yacimiento.

Tabla II.7 Toneladas de roca extraída del yacimiento Dolores

| Etapa | Años | Mineral | Material estéril | Total | Relación material estéril/mineral |
|--------------|------|---------------|------------------|----------------|-----------------------------------|
| | | kton | kton | kton | |
| 1 | 0 | 305 | 4,695 | 5,000 | 15.39 |
| | 1 | 5,040 | 22,958 | 28,000 | 4.6 |
| 2 | 2 | 6,480 | 23,520 | 30,000 | 3.6 |
| | 3 | 6,480 | 27,020 | 33,500 | 4.2 |
| | 4 | 6,480 | 27,020 | 33,500 | 4.2 |
| | 5 | 6,480 | 27,020 | 33,500 | 4.2 |
| 3 | 6 | 6,480 | 27,020 | 33,500 | 4.2 |
| | 7 | 6,480 | 27,020 | 33,500 | 4.2 |
| 4 | 8 | 6,480 | 26,633 | 33,113 | 4.1 |
| | 9 | 6,480 | 20,774 | 27,254 | 3.2 |
| 5 | 10 | 6,480 | 19,064 | 25,544 | 2.9 |
| | 11 | 6,480 | 14,401 | 20,881 | 2.2 |
| | 12 | 2,327 | 1,182 | 3,509 | 0.5 |
| Total | | 72,473 | 268,326 | 340,801 | 3.7 |

En la etapa 1 se iniciará con la construcción y desarrollo de las obras mineras, utilizando gran parte del material estéril para la construcción de los caminos de acarreo y caminos de servicio que conectarán las diferentes obras mineras, así como para relleno y nivelación de las áreas donde se instalará la planta de beneficio, pileta y patio de lixiviación.

En esta etapa se construirá el bordo de contención para el control de los escurrimientos del arroyo Chabacán y se iniciará el desarrollo de los terreros Norte y Oeste.

En la etapa 2 se continúa depositando tepetate en los terreros Norte y Oeste y se inicia con el desarrollo del terrero Sur.

En la etapa 3 se inicia con el desarrollo del terrero Este y se deja de usar los terreros Oeste y Sur, aunque sigue activo el terrero Norte. Los terreros activos se utilizarán simultáneamente dependiendo de la zona del tajo donde se extraiga el material, para minimizar distancias de acarreo y de acuerdo con el tipo de roca que se produzca.

En la etapa 4 se concluye la depositación de material estéril en el terrero Norte y se utiliza mayormente el terrero Este.

En la etapa 5 el único terrero activo será el terrero Este donde se depositará el material remanente a generar en la última fase de explotación del tajo. Al finalizar esta etapa se realizarán las obras de suavización de pendientes de todos los terreros para conformar adecuadamente los apilamientos y facilitar el desarrollo de la cubierta vegetal en la fase de restauración de la mina. El talud final de los terreros tendrá un ángulo aproximado de 22° (pendiente final 2.5H:1V).

Caracterización del material estéril

Para conocer los posibles impactos al ambiente por la exposición de la roca estéril y establecer un plan de manejo adecuado para su disposición final, se realizaron pruebas de caracterización geoquímica a muestras representativas de este material, como son las pruebas de contabilidad ácido base (ABA), pruebas de celdas húmedas y pruebas de toxicidad (TCLP) equivalente a la prueba PECT de la norma NOM-052-SEMARNAT-1993. En general los resultados mostraron que la mayor parte del material estéril no expone riesgo de contaminación química al entorno, aunque si hubo cierto tipo de roca, que representa

no mas 18% del total a producir, que mostró condiciones propicias para generar ácido. En la sección II.2.8.1 y en el anexo VII de este documento se presenta con más detalle los resultados de estas evaluaciones.

Desagüe del tajo

A medida que se avanza en la explotación del tajo, a partir de la etapa 2, se requerirá mantener secos las áreas de trabajo por lo que será necesario operar un sistema de bombeo para extraer el agua que entrará a la zona del tajo como resultado del flujo de agua subterránea y de los escurrimientos superficiales. El agua a extraer del tajo será utilizada para las operaciones mineras y los excedentes serán descargados en lagunas de retención adecuadamente diseñadas en el terrero Este, donde se espera el agua filtre.

Control de aguas pluviales

Para evitar que el flujo del arroyo Chabacan entre al área del tajo, se construirá un bordo de contención aguas arriba del tajo lo que conformará un represo para almacenar agua meteórica que podrá ser utilizada para varios propósitos en las operaciones mineras como son el riego de caminos, planta de proceso, lavado de camiones, etc. Se espera que la vida de este represo sea de aproximadamente 12 años después de los cuales se adecuará el bordo para permitir el paso del agua hacia el tajo abierto que habrá concluido su explotación para entonces, siendo esta parte de las medidas a tomar para la fase de restauración del tajo minero.

A lo largo de las operaciones mineras se requerirá del funcionamiento de diferentes canales o alcantarillas para desviar los escurrimientos pluviales de las obras mineras, principalmente en la zona de tajo, patio de lixiviación, pileta y planta de proceso. En la sección II.2.3.6 y El Anexo VI de este documento se describen las obras de desviación de aguas pluviales.

Equipo a utilizar en la etapa de minado

En las Tablas II.7 y II.8 se presenta el equipo principal que será requerido para las maniobras de operación del tajo.

Tabla II.8. Equipo requerido para la operación del tajo.

| Equipo | Características | Cantidad |
|-----------------------------------|---------------------------|----------|
| Barrenadora para voladuras | Ingersoll Rand DM 45/50 | 3 |
| Pala hidráulica | Hitachi EX2500 o EX3600 | 2 |
| Cargador | Caterpillar 992 F o 994 F | 1 a 2 |
| Camión de acarreo (100 a 185 Ton) | Caterpillar 777 a 789C | 15 a 19 |
| Tractor de oruga | Caterpillar D10T | 2 a 3 |
| Tractor de llantas | Caterpillar 834H | 1 a 2 |
| Nivelador | Caterpillar 16H | 2 |
| Carro-tanque de agua | Caterpillar 777D | 2 |
| Cargador de rueda | Caterpillar 988G | 1 |
| Camión de acarreo | Caterpillar 773E | 0 a 1 |
| Barrenadota de roca | Ingersoll Rand ECM590 | 1 |
| Excavadora hidráulica | Caterpillar 330 CL | 1 |

Tabla II.9. Equipo auxiliar requerido para la operación del tajo

| | | |
|------------------------------------|---------------------|-------|
| Cama baja para explosivos (2 ton) | Ford o equivalente | 1 |
| Camión para la mezcla de ANFO (16 | Genérico | 1 |
| Vibradora Cat CS-433E | | 1 |
| Compactadora | Caterpillar CS-433E | 1 |
| Camión de aceites y lubricantes | Genérico | 1 |
| Nivelador | Caterpillar 140H | 1 |
| Cargador de dirección deslizante | Bobcat S150 | 1 |
| Grúa de 100 T | P&H o equivalente | 0 a 1 |
| Grúa Grove RT760E de 60 T | Grove o equivalente | 1 |
| Camión de grúa de 25 T | | 1 |
| Camión de mecánicos | | 1 |
| Camión de soldadura (4X4) | | 1 |
| Cargador frontal y retroexcavadora | | 1 |
| Manejador de llanta de camiones de | Cartepillar IT28 | 1 |
| Montacarga de terreno irregular | Sellick SD-100 | 1 |
| Montacarga del taller | Hyster H100XM | 1 |
| Camión de empleados | | 1 |
| Camionetas pick -up (4X4) | | 8 |
| Ambulancia | | 1 |
| Plantas de luz | | 5 |

II.2.5.3 Trituración

La planta trituradora tendrá una capacidad de diseño para procesar hasta 18,000 a 25,000 ton/día de mineral.

Trituración primaria.

Una trituradora primaria del tipo quijada reducirá la granulometría del mineral a 112 mm. El mineral será acarreado en camiones diésel de 100 a 185 ton, desde la mina hasta la trituradora donde se vaciará directamente en la tolva receptora, utilizando como apoyo un cargador frontal para alimentar el material según las necesidades de producción.

Se instalará un quebrador de roca operado hidráulicamente en la tolva receptora. El mineral triturado será descargado en una banda alimentadora que descargará a su vez en una banda transportadora en la cual se instalará un imán eléctrico para separar piezas metálicas, así como una balanza para registrar la cantidad de mineral triturado.

El mineral triturado se depositará en un apilamiento de "gruesos" desde donde será transportado mediante una banda, para alimentar a la trituradora terciaria. El apilamiento de gruesos alojará un máximo de 20,000 ton.

En esta etapa de la trituración se instalará un colector de polvos y un abanico extractor para mitigar las emisiones en el entorno laboral y ambiental. También se tendrá un compresor de aire con recibidor para el mantenimiento del área.

La figura II.22 muestra el diagrama de flujo de la trituración primaria.

Figura II.22 Diagrama de flujo de Trituración Primaria.

Trituración secundaria y terciaria

El mineral proveniente del apilamiento de gruesos se alimenta a una criba secundaria, desde donde el material que no pasa esta criba se descarga a la trituradora secundaria de conos para juntarse con las descargas de la criba secundaria y la trituradora terciaria para alimentar la tolva de la criba terciaria.

La tolva de la criba terciaria descargará a tres bandas alimentadoras, cada una de las cuales descarga a la criba terciaria. Las cribas serán del tipo vibratorio de inclinación múltiple. El material que no pasa las cribas terciarias se pasa por medio de una banda de transferencia a la tolva de la trituradora terciaria. La descarga de esta tolva pasa mediante dos bandas alimentadoras a la trituradora terciaria, de conos, con lo que se completa el circuito de trituración. La descarga de la trituradora terciaria se mezcla con la descarga de la trituradora secundaria y la descarga de la criba secundaria, y todo se regresa a la trituradora terciaria para completar el circuito cerrado.

El material que se produce en la trituradora terciaria se descargará a una banda de transferencia en donde se le adicionará cal para el control del pH antes de depositarse en el apilamiento de finos. En la banda de transferencia se instalará una báscula para los controles de la contabilidad metalúrgica.

Del apilamiento de finos, el mineral será transferido por alimentadores vibratorios a una banda localizada abajo del apilamiento que transportará el mineral hasta el patio de lixiviación por medio de bandas portátiles y un sistema de apilamiento del mineral.

En esta etapa de trituración también se tendrán controles para las emisiones de polvo consistentes de equipos de colección, supresión y contención. En las áreas de cribado se instalará un colector de polvo y abanico extractor, mientras que los sistemas de supresión se aplicarán en la trituración primaria, apilamiento de gruesos y apilamiento de finos.

Todas las áreas de trituración contarán con aire comprimido para mantenimiento.

La figura II.23 Muestra el diagrama de flujo de la etapa de trituración secundaria y terciaria.

Figura II.23 Diagrama de flujo de Trituración Secundaria y Terciaria.

II.2.5.4 Operación del patio de lixiviación

El patio de lixiviación será construido en un valle a partir de obras de relleno y bordos (terraplenes) para suavizar la abrupta topografía del lugar. La base del patio se conformará por un sistema impermeable de doble membrana consistente de una geomembrana y una capa de arcilla, según se detalla mas adelante.

Sobre la base del patio, por encima de la membrana impermeable se colocará una capa de mineral triturado con tuberías perforadas para formar el sistema de drenaje donde se colectará y recuperará la solución rica y para reducir la cabeza hidrostática de las soluciones sobre la membrana plástica.

Las solución rica que drene del patio de lixiviación se descargará en la pileta de proceso desde donde se enviará a la planta Merrill-Crowe. Un segundo sistema de piletas (1-2) se construirá con doble membrana plástica. Este sistema de piletas tendrá capacidad suficiente para contener el máximo evento de lluvias en 100 años-24 horas, más el volumen que pueda drenar de los patios por 48 horas en caso de una falla en el sistema de bombeo. Un tercer sistema de piletas (3-4) será construido para asegurar suficiente capacidad de contención cuando las fases 3 y 4 del patio sean construidas y entren en producción. La figura II.24 muestra el diagrama de flujo de la lixiviación.

El mineral triturado será transportado por bandas y apilado usando un sistema de bandas portátiles sobre el patio impermeabilizado donde se someterá al riego con soluciones cianuradas. El mineral se irá colocando por medio de bandas y distribuido por medio de tractores. El mineral e distribuirá en capas de 10 m de altura, se colocarán un total de 16 capas por lo que la altura final del apilamiento será de 160 m. La pendiente final en la periferia del patio será de 2.5H:1V.

Sobre cada capa de mineral se aplicarán, mediante riego por goteo, un promedio de 6.72l/hr/m² de solución pobre, que estará acondicionada a un pH entre 10.5 y 11 y una concentración de cianuro de 500 ppm. El riego para la extracción primaria de mineral durará 150 días y se estima que 3,750,000 ton de mineral estarán bajo lixiviación primaria en la capa que está siendo sujeta a riego. Las capas que se encuentren por debajo de la capa sujeta a riego serán lixiviadas en forma secundaria, terciaria, etc. según sea el número de capa de que se trate.

El sistema de riego será mediante goteo enterrado para evitar pérdidas por evaporación y reducir los estancamientos de agua en la superficie. Cada tres días se colocarán 75,000 ton de mineral nuevo para lo que se tendrá un área de irrigación de 4,685 m²

La configuración del patio permitirá la colocación de 16 capas de 10 metros de altura. La altura promedio del mineral en todo el patio será de aproximadamente 44 metros y la máxima altura será de aproximadamente 160 m. Considerando que el ciclo de riego en la última capa o levante del mineral durará 210 días, se tiene que en promedio el material estará en contacto con la solución de riego por mas de 560 días para maximizar la recuperación de valores.

Figura II.24 Diagrama de flujo de lixiviación.

Se estima un consumo de agua aproximado de 177 m³/hr para compensar pérdidas por evaporación y para saturar al mineral seco que se va colocando en el patio de lixiviación.

La solución rica o preñada que se colectará en las tuberías y pileta interna del patio, presentará las características de calidad que se muestran en la tabla II.10, de acuerdo a las pruebas de botella realizadas en laboratorio a varios compósitos resultado de pruebas de recuperación metalúrgica.

En todo momento durante las operaciones metalúrgicas se mantendrán las soluciones de proceso en un circuito cerrado, sin descargas al entorno natural. Sin embargo, es importante conocer las características de calidad que se espera presente la solución PLS ya que permitirá diseñar las medidas adecuadas de respuesta a emergencias en caso de derrames o infiltraciones accidentales que pudieran presentarse durante la operación del sistema de lixiviación. Así también conocer los parámetros más críticos a controlar en caso de un derrame, con base en los límites de calidad que establece la norma de descarga NOM-001-SEMARNAT-1996.

Tabla II.10 Características de calidad de soluciones lixiviantes

II.2.5.5 Precipitación con zinc (Merrill-Crowe)

La solución rica que proviene del patio de lixiviación se acondicionará y se le adicionará polvo de zinc lo que permite la precipitación de los metales de interés. El proceso de precipitación con zinc, también llamado proceso Merrill-Crowe, consiste en las siguientes operaciones:

La solución rica que se almacenará en la pileta de proceso se bombeará, mediante una bomba centrífuga, a cuatro filtros-clarificadores (2 a 3 en operación y uno de repuesto) del tipo de placas revestidas con autolimpiado a presión. Los filtros son revestidos con tierra diatomácea, la cual se alimenta continuamente en la solución. La bomba de solución rica aplicará la presión a los filtros. Las soluciones filtradas y clarificadas, descargarán directamente a la torre de desareación.

En la torre de desareación se removerá el oxígeno en la solución de 6 ppm a 0.5 ppm, para lo cual se operará una bomba de vacío (27.5 mmHg) del tipo anillo líquido. La solución que sale de la torre de desareación pasará por medio de una bomba centrífuga a los filtros prensa. Previo a su entrada a los filtros se le adicionará una emulsión de zinc, preparada con polvo de zinc y solución rica. La emulsión de zinc se preparará en un cono de mezclado el cual será continuamente alimentado con solución rica para evitar que entre aire a la bomba de inyección de zinc. Después de la adición de zinc la solución pasa al sistema de filtros prensa donde se colectan los metales precipitados como el oro y la plata.

Los filtros prensa son revestidos con tierra diatomácea, al igual que los clarificadores, para ayudar en el proceso de filtración. El precipitado se colectará en charolas para lo cual se abrirán manualmente los filtros para su limpieza..

La solución pobre o filtrado que salga de los filtros prensa se enviará al tanque de solución pobre. Esta solución se acondicionará con cianuro de sodio antes de que se bombea de regreso a los patios de lixiviación.

La figura II.25 Muestra el diagrama de flujo del proceso Merrill-Crowe

Figura II.25 Diagrama de flujo del proceso Merrill-Crowe

II.2.5.6 Fundición

El precipitado de zinc, que contiene los valores de oro y plata, se colocará en el horno de retorta para volatilizar contenidos traza de mercurio. El horno de retorta consiste de una cámara al vacío construida de acero al carbón y una capa aislante, será calentada mediante resistencia eléctrica a una temperatura de 538° C. Este horno tendrá una capacidad para tratar 1.1 m³ en cada carga. El ciclo de secado durará aproximadamente 24 horas.

Las emisiones del horno de retorta, que contendrán los vapores de mercurio, se harán pasar por un condensador enfriado con agua, seguido de un depurado a través de un tubo empacado con carbón, antes de liberarse a la atmósfera. El mercurio se colectará en el condensador y se almacenará en contenedores de acero hasta que se acumule cantidad suficiente para venderlo como subproducto.

Las carretillas que contienen el concentrado seco se removerán del horno de retorta mediante un montacargas y los descargará en la tolva de alimentación al horno de fundición, la cual está equipada con un alimentador de gusano. Antes de que el concentrado se alimente al horno de fundición se le adicionará una mezcla de sustancias (fluxes) para ayudar en el proceso de fundición.

El horno de fundición será del tipo reverbero de 10,000 libras de capacidad (red brass) recubierto con ladrillo refractario. Utilizará gas propano como combustible y alcanzará una temperatura de operación de 1,250 °C .

El concentrado será fundido y decantado en moldes cónicos, de 30 litros de capacidad, donde la mayor parte de la escoria se asentará. La escoria decantada se enfriará y se analizará para revisar el contenido de metales previo a su almacenamiento temporal y disposición final. El proceso de carga al horno de fundición y el decantado de la escoria continuará hasta que se produzca suficiente metal para vaciar en las barras que conformarán el doré. El doré, mezcla de oro y plata, será vaciado y concentrado en el fondo de unas moldes semi-cilíndricos de 15 litros de capacidad. Pequeñas cantidades de escoria, conteniendo reactivos de fundición, impurezas y cantidades menores de doré flotarán en la parte superior de estos moldes y serán reciclados en la siguiente carga al horno de fundición. Las barras de doré se muestrearán con tubos de vacíos durante el proceso de vaciado a los moldes, utilizando muestreadores de tubo al vacío.

Después del enfriamiento y solidificación las barras de doré serán limpiadas usando arena a presión, se pesarán y se marcarán con un número de identificación y el peso. Se espera que el producto final tenga un peso promedio de 150 kg. Las barras se guardarán en una bóveda de seguridad hasta que sean enviadas a refinación final en una refinaría externa.

Los moldes de las barras doré serán re-usados y la escoria se separará del doré a mano, colectándola para reciclarla en la siguiente carga de fundición.

Las emisiones del horno de fundición serán colectadas mediante ductos y pasarán por un precipitador electrostático antes de liberarse a la atmósfera.

La figura II.26 muestra el diagrama de flujo del proceso de fundición.

Figura II.26 Diagrama de flujo del proceso de fundición

La planta de proceso tendrá una capacidad de diseño para procesar 1,000 m³/hr de solución rica (con capacidad para expandirse a 1,500 m³/hr), con una recuperación de 97% de oro y 99% de la plata en solución. La planta Merrill-Crowe operará los 365 días del año, las 24 horas y su capacidad de diseño excede la capacidad de producción anual estimada de 5 ton/año de oro y 185 ton/año de plata.

En la Tabla II.11 se presenta un listado de las principales sustancias que serán usadas en la fase de operación del proyecto minero Dolores y que merecen atención especial en su manejo. En el Estudio de Riesgo de este proyecto se detallarán las condiciones de manejo y características de estas sustancias.

Tabla II.11 Listado de las principales sustancias a utilizar en el proceso productivo.

| Sustancia | Fórmula química o familia química | Fase del proceso donde se utilizará | Consumo mensual estimado |
|--------------------|---|--|--------------------------|
| Gasolina | Mezcla de hidrocarburos. | Minado, administración, otros | 15,000 l |
| Diesel | Mezcla de hidrocarburos. | Minado, administración, otros | 1,750,000 l |
| Gas propano | Mezcla de hidrocarburos | Fundición, laboratorio, oficinas, taller | 40,416 kg |
| Nitrato de amonio | NH ₄ NO ₃ | Minado | 733 ton |
| Cal (83% activa) | CaO ₃ | Trituración | 1, 267,500 kg |
| Cianuro de sodio | NaCN | Lixiviación | 300,000 kg |
| Hidróxido de sodio | NaOH | Merrill-Crowe | 5,416 kg |
| Polvo de zinc | Zn | Precipitación con zinc (Merrill-Crowe) | 16,705 kg |
| Tierra diatomácea | SiO ₂ | Clarificación y filtrado | 7,078 kg |
| Anti-incrustante | Ácido polimaleico | Lixiviación | 5,833 kg |
| Borax | Na ₂ B ₄ O ₇ | Fundición | 654 kg |
| Carbonato | Na ₂ CO ₃ | Fundición | 295 kg |
| Nitrato de potasio | KNO ₃ | Fundición | 56 kg |

La figura II.27 presenta el diagrama de flujo para el manejo de las sustancias químicas y otros insumos del proceso.

Figura II.27 Diagrama de flujo para el manejo de reactivos

Principal problemática ambiental y medidas de protección en el proceso.

El uso de cianuro de sodio en el sistema de lixiviación y la potencial disolución de metales tóxicos hace que la ocurrencia de alguna fuga o derrame de las soluciones de proceso se convierta en un potencial problema ambiental. Las fugas o derrames se podrían presentar en el patio de lixiviación, la pileta de proceso, planta de beneficio o en las tuberías que conectan la planta de proceso con el patio y pileta.

Para minimizar y controlar los efectos arriba mencionados, todas las áreas donde se manejen soluciones de proceso serán construidas sobre suelo compactado recubierto con una membrana de polietileno de baja densidad (LLDPE) de 80 milésimas de pulgada para el área de patio y doble membrana de 60 milésimas para las piletas externas. En las piletas de proceso se instalará un sistema de colección y recuperación de fugas. Ver figuras II.14 y II.15.

Además las soluciones de proceso se mantendrán en recirculación sin descargas al entorno con excepción de las pérdidas por evaporación, que serán compensadas con la adición de agua. El diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de agua para las operaciones mineras se presenta en la figura II.28.

Para prevenir la existencia de fugas o derrames de sustancias peligrosas se dará mantenimiento preventivo a tuberías, válvulas, sellos e instrumentación.

Se implementará un programa de vigilancia con puntos de monitoreo de agua superficial y subterránea aguas debajo de las obras mineras para detectar cualquier anomalía en la calidad del agua atribuible a las operaciones mineras.

Otro de los retos de este proyecto será el adecuado manejo de los escurrimientos pluviales y la protección de la calidad del agua superficial. Por la difícil topografía del lugar, se tendrán que llevar a cabo una serie de obras, cortes y rellenos que permitirán controlar el flujo del arroyo Chabacán.

Sobre el cauce de este arroyo, aguas arriba del tajo minero, se construirá un bordo para almacenar el agua meteórica. Este bordo disminuirá sustancialmente los escurrimientos sobre el arroyo Chabacán, aguas abajo, en la zona donde se desarrollará la mayor parte de las obras mineras. Para el control de los escurrimientos locales, se irán construyendo canales de desviación a medida que avanzan las obras de tal forma que no se impacte el entorno y los escurrimientos se incorporen, aguas abajo, al cauce del arroyo Chabacan sin provocar un problema de contaminación por la excesiva migración de partículas finas.

Sobre la potencial generación de drenaje ácido por el tepetate o material estéril expuesto en los terreros, con base en los resultados de las pruebas de caracterización geoquímica que se realizaron a muestras representativas de este material se encontró que aproximadamente un 18% de la roca puede presentar esta problema por lo que se procurará que esta roca quede cubierta por roca que resultó inerte.

Se presentarán varias fuentes de contaminación por polvos como son la planta trituradora, el tráfico por los caminos de acarreo y el minado. Para abatir esta problemática en la planta trituradora se operará un sistema colector y supresor de polvo con agua, mientras que los caminos de acceso, de acarreo y rampas se mantendrán regados y en buenas condiciones. Asimismo, se asegurará el mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos automotores.

Figura II.28 Diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de agua

II.2.6 Etapa de abandono del sitio (post-operación)

El plan de abandono de la mina se tiene que visualizar en términos de los usos potenciales que tendrán los terrenos al finalizar las operaciones mineras, además de garantizar que el sitio quede seguro y libre de contaminación presente y futura.

Las obras mineras transformarán el terreno natural y en la mayor parte de las obras, con excepción del área del tajo, se lograrán geofomas más adecuadas para desarrollar actividades productivas como la cría de ganado, siembra de pastizales y otros cultivos de interés local.

El proyecto minero Dolores contempló desde su diseño criterios adecuados que facilitarán la restauración del sitio al finalizar sus operaciones. Una de las premisas ambientales es el rescate de suelo fértil en la etapa de preparación del sitio, para ser utilizado en la etapa de restauración. También se contempla el rescate y trasplante de plantas nativas, especialmente las protegidas y de interés regional. Se instalará un vivero, para el cuidado y aclimatación de las plantas nativas disponibles para reforestación y la conservación de semillas nativas a utilizar en la siembra de áreas afectadas.

El diseño de los terreros de material estéril contempla un talud final de 2.5H:1V, es decir un ángulo de 22°, que será muy favorable para el desarrollo de la cubierta vegetal.

Otra consideración importante desde la fase operativa del proyecto será el manejo adecuado de la roca de desecho (estéril), procurando que todo el material que resultó con potencial de generación de ácido quede cubierto por el material inerte para minimizar la disolución por lluvias.

Algunas otras premisas de la restauración son la estabilidad y seguridad de las obras permanentes, el control de la erosión severa mediante suavización de taludes y reforestación, la destoxificación del patio de lixiviación y todas las áreas donde se manejaron soluciones de proceso y sustancias químicas y la utilización de especies nativas para los programas de reforestación.

Se describe brevemente algunas de las actividades más importantes a realizar en la etapa de abandono:

Destoxificación de patios de lixiviación

Una vez concluidas las pruebas metalúrgicas a 14 columnas con muestras representativas del mineral a lixiviar, para evaluar el proceso de recuperación de valores, las mismas columnas se sometieron también a pruebas de destoxificación mediante enjuagues con agua hasta que se alcanzó 0.2 ppm de cianuro WAD (CN⁻) en el efluente. Después de este enjuague, las columnas se sometieron a la prueba de movilidad con agua meteórica (MWM) para conocer el potencial del material enjuagado de liberar algún contaminante por el efecto de la lluvia. Los resultados de estas pruebas mostraron que la calidad del efluente se encuentra dentro de la norma NOM-001-SEMARNAT, con excepción del arsénico en dos de las 14 columnas evaluadas. En el Anexo VIII se muestran los reportes de laboratorio con los resultados de estas pruebas.

Adicionalmente se tomaron muestras representativas del material remanente en las columnas para correr las pruebas ABA (contabilidad ácido-base), la prueba TCLP (Toxicity Characterization Leaching Test) que es la prueba equivalente a la prueba PECT de la norma NOM-053-SEMARNAT-1996, para conocer el grado de toxicidad del mineral agotado que quedará en los patios de lixiviación, y finalmente, de acuerdo a los resultados de las pruebas ABA se seleccionaron muestras compuestas para correr pruebas de celdas húmedas para verificar el potencial de generación de ácido en el mediano y largo plazo. Las pruebas ABA mostraron que 19 de las 21 columnas mostraron potencial de generar ácido, mientras que las pruebas de celdas húmedas registran hasta la semana 20 que el material

no ha generado acidez, esto puede significar que al menos en el corto y mediano plazo no se presentará un problema de drenaje ácido en el material agotado de patios. No obstante dado que las pruebas ABA mostraron potencial de generar ácido en la mayoría de las muestras, se recomienda que previo a formular el plan de restauración del patio de lixiviación, se evalúe mas exhaustivamente este material.

Para el caso de la prueba TCLP, los resultados indican que ninguna de las muestras presentó características de toxicidad según los niveles de la norma NOM-052-SEMARNAT-1996. En el Anexo VIII se presentan los resultados de las pruebas ABA, Celdas Húmedas y TCLP realizadas a muestras representativas del mineral agotado y enjuagado del patio.

De acuerdo a las pruebas descritas, se espera que el material en el patio de lixiviación, después de enjuagado debidamente con agua, no clasifique como un residuo peligroso ni genere escurrimientos que excedan la norma de descarga de agua NOM-001-SEMARNAT-1996.

Suavización de taludes en terreros y patio

El diseño del patio y terreros permitirá una fácil conformación del talud para alcanzar una pendiente externa de 2.5H:1V. Esta inclinación minimizará la erosión y favorecerá el desarrollo de la vegetación. Se realizarán obras de control de escurrimientos para evitar el estancamiento de agua sobre los apilamientos.

Cubierta de roca en el patio

En aquellas zonas del patio que muestren tendencia a la erosión se colocará una capa de roca estéril, gruesa, para estabilizar la superficie y evitar la erosión por lluvia. La cubierta también proveerá de sitios para la siembra de semillas de especies nativas.

Aunque se rescatará todo el suelo fértil que sea posible, es de esperarse por lo escaso del suelo en el sitio, que solo cubrirá un porcentaje bajo de la superficie total a restaurar, por lo que esta capa de roca gruesa ofrecerá condiciones propicias para inducir el proceso de crecimiento de la vegetación. Se recomienda la siembra de pastos para recuperar la cubierta vegetal y posteriormente la siembra o plantaciones de especies arbustivas y arbóreas nativas.

Cubierta vegetal

Además de colocar una capa de roca gruesa en ciertas zonas del patio de lixiviación, se aplicará una mezcla de semillas nativas, paja y abono, para lo cual se apoyará en la experiencia de agrónomos locales y expertos en la materia.

Control de la erosión

Los ángulos de talud y las distancias de escurrimientos en las obras mineras serán tales que se minimice la erosión. La capa de roca gruesa que se planea colocar en el patio de lixiviación protegerá al material mas fino de las fuerzas del viento y la lluvia, además de proveer de sitios donde se retengan finos, siendo estos lugares propicios para la siembra y desarrollo de semillas, ayudado con abono y paja.

Salvamento de equipo

Las instalaciones de la planta y oficinas serán desmanteladas y vendidas al cierre de las operaciones. El resto de los edificios serán demolidos o donados a la comunidad.

Monitoreo ambiental

Durante la etapa de abandono se continuará con el monitoreo del agua subterránea en pozos localizados aguas debajo de las instalaciones de lixiviación y otros puntos de interés. También se continuará con el monitoreo de agua superficial a lo largo del arroyo Chabacán y en el río Tutuaca, aguas arriba y debajo de la descarga del arroyo Chabacán. Otros

monitoreos ambientales consistirán de observaciones sobre el desarrollo de plantas nativas y los avances en la cobertura vegetal. También sobre efectos en las aves.

En los siguientes renglones se enlistan las actividades más importantes a realizar en la etapa de abandono de la mina, según cada obra minera:

Tajo

- Remoción de todo tipo de explosivos y cancelación del permiso
- Remoción de equipo e instalaciones de apoyo
- Construcción de berma y cerca de seguridad alrededor del tajo
- Obras de control de escurrimientos superficiales
- Clausura y restauración de caminos
- Escarificación de suelo y siembra de semillas

Planta de trituración

- Desmantelamiento de equipos e instalaciones
- Limpieza del área y disposición de residuos
- Nivelación y escarificación del terreno
- Reforestación (siembra de semillas y plantaciones)

Terreros

- Suavización de taludes y escarificación del terreno
- Obras de control de escurrimientos superficiales
- Monitoreo de escurrimientos de agua
- Evaluación de la calidad del suelo expuesto
- Establecimiento del sustrato herbáceo
- Establecimiento del sustrato arbóreo

Patio de lixiviación

- Desmantelamiento y remoción de equipos de proceso
- Proceso de destoxificación (riego con agua o aplicación de otro tratamiento)
- Muestreos para evaluar la calidad de las soluciones (cumplir con la norma NOM-001-SEMARNAT-1996)
- Notificación a CNA del uso o descarga de soluciones al entorno
- Caracterización del material neutralizado y residuos de lodos en piletas.
- Relleno de piletas
- Suavización de taludes en patios y escarificación del terreno
- Establecimiento del estrato herbáceo
- Establecimiento del estrato arbóreo

Planta de beneficio

- Desmantelamiento (primera fase, fin del proceso metalúrgico)
- Desmantelamiento (segunda fase, fin de la neutralización)

- Demolición de obras fijas que no sean de interés de los ejidatarios
- Limpieza y disposición adecuada de residuos
- Nivelación y escarificación del terreno
- Reforestación.

Instalaciones de apoyo (taller, laboratorio, etc.)

- Desmantelamiento de equipo e instalaciones
- Clausura de fosas sépticas y basurero
- Limpieza y disposición de residuos
- Limpieza y tratamiento de áreas impactadas por derrames de hidrocarburos
- Escarificación del terreno
- Siembra de semillas nativas

Caminos

- Acordar con los superficiarios los caminos que permanecerán
- Clausura de caminos inactivos
- Nivelación del terreno y obras de drenaje
- Escarificación y siembra de semillas nativas.

En el capítulo VI de este documento se describen las medidas para mitigar los impactos al ambiente en las diferentes etapas del proyecto minero.

II.2.7 Utilización de explosivos

Los explosivos y materiales accesorios y sus consumos promedios y máximos anuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II.12 Consumo anual de explosivos

| Tipo | Consumo anual promedio | Consumo anual máximo |
|---------------------|------------------------|----------------------|
| Nitrato de amonio | 8,800 ton | 9,000 |
| 0.5 kg iniciadores | 48,500 piezas | 49,600 piezas |
| Detonadores | 48,500 piezas | 49,600 piezas |
| Cordones detonantes | 580,000 m | 595,000 m |

II.2.8 Generación, manejo y disposición de residuos sólidos, líquidos y emisiones a la atmósfera.

II.2.8.1 Tepetate

Uno de los residuos más importantes que se generará durante la operación de la mina Dolores será el tepetate o material estéril. Durante la explotación del yacimiento Dolores se producirá dos tipos de material: el material de alta ley (mineral) y el material que se desecha por su bajo o nulo contenido de oro y plata (tepetate o material estéril). El mineral será depositado en los patios de lixiviación para la extracción de los valores, mientras que el tepetate se depositará en los sitios destinados a terreros. Se estima que se generarán 268 millones de toneladas de material estéril en toda la vida de la mina.

Dada las condiciones de almacenamiento del material estéril en los terreros, este quedará expuesto a los procesos naturales de intemperización por lo que se torna de gran importancia realizar la caracterización geoquímica de este material para evaluar el potencial de generar ácido y posible disolución de otros contaminantes como metales tóxicos, por la acción de la lluvia y otros procesos naturales como la oxidación.

De acuerdo a la geología del yacimiento se seleccionaron 44 muestras de tepetate, a partir de los núcleos de barrenación exploratorios, que representaron los diferentes tipos de roca y mineralizaciones que conforman el material estéril donde se aloja el mineral a explotar. En la tabla II.13 se describen las características de cada una de las muestras seleccionadas.

Las pruebas para evaluar el potencial de generar ácido consistieron de pruebas de contabilidad ácido-base (ABA), pruebas de celdas húmedas (HC) para verificar los resultados de las pruebas ABA y pruebas NAG (para medir la generación de ácido neta). También se realizaron pruebas para evaluar la toxicidad del material (TCLP) equivalente a la prueba PECT según la norma NOM-053-SEMARNAT-1993 y análisis de los lixiviados de las columnas para conocer si se cumple con la norma de descarga NOM-001-SEMARNAT-1996. Todas las pruebas de barrenos fueron analizadas para las pruebas ABA. Con base en los resultados de las pruebas ABA, se conformaron 11 muestras compuestas en proporción a las diferentes litologías y mineralogías del material. Los compósitos 1, 7, 9 y 10 se formaron con las muestras que resultaron con potencial de generar ácido, según las pruebas ABA, por lo que fueron estas muestras compuestas las que se sometieron a la pruebas de celdas húmedas para verificación. Ver tabla II.14.

La prueba ABA permite predecir de forma preliminar el potencial geoquímico de la roca para la producción o el consumo de ácido. Mediante el análisis del azufre total se determina el potencial de generar ácido (AP), mientras que el potencial neutralizador (NP) se estima al agregar determinada cantidad de ácido a la muestra de peso conocido y titularla con solución alcalina. La proporción del potencial de neutralización al potencial de acidez (NP/PA) representa el potencial de generación ácido. La prueba HC es la siguiente fase de predicción para confirmar los resultados de las pruebas ABA y proporcionan información sobre el comportamiento de las reacciones de generación de ácido y la disolución de metales en el corto, mediano y largo plazo.

La prueba NAG (generación de ácido neta) sirve para verificar si bajo condiciones extremas de oxidación se puede presentar la liberación de ácido. Con esta prueba se somete el material a una oxidación con peróxido de hidrógeno para hacer reaccionar los sulfuros reactivos que pudiera contener la muestra. Este es un procedimiento rápido y fácil para ayudar en la evaluación del potencial de generar ácido de roca mineral o residuos. Las 11 muestras compuestas fueron sometidas a la prueba NAG.

Otra prueba de caracterización para los 11 compósitos fue la prueba TCLP, equivalente a la prueba PECT (NOM-053-SEMARNAT-1993) que permitió evaluar la toxicidad del material estéril y determinar si se considera un residuo peligroso o no. Todas las muestras resultaron ser no peligrosas pues presentaron valores por debajo de los establecidos en la norma NOM-052-SEMARNAT-1996.

En cuanto a la prueba de movilidad de agua meteórica (MWMT) los escurrimientos de las 11 columnas mostraron una calidad aceptable de acuerdo a la norma de descarga NOM-001-SEMARNAT-1996. En la tabla II.14 se concentra los resultados de cada una de las pruebas realizadas al material estéril.

Tabla II.13. Características de las muestras para evaluar la toxicidad y el potencial de generación de ácido de la roca estéril del proyecto minero Dolores

| No. de columna (Pruebas de Celda Húmeda) | Barrenos muestreados (Pruebas ABA) | Profundidad del barreno (m) | Litología | Estado de oxidación |
|--|------------------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|
| HC-1 | D290 | 189.55-190 | Andesita | Sin oxidar |
| | D221 | 14-14.8 | Andesita | Mezcla (óxidos y sulfuros) |
| | D262 | 110.4-111.6 | Andesita | Mezcla |
| | D291 | 303.1-303.54 | Andesita | Sin oxidar |
| | D196 | 71.8-72.9 | Andesita | Sin oxidar |
| HC-2 | D268 | 150-150.9 | Andesita | Sin oxidar |
| | D216 | 30.5-31.4 | Andesita | Sin oxidar |
| | D251 | 149-149.9 | Andesita | Sin oxidar |
| | D168 | 281.3-282.3 | Andesita | Mezcla |
| | D293 | 207.8-208.3 | Andesita | Sin oxidar |
| HC-3 | D240 | 115.9-116.5 | Andesita | Mezcla |
| | D202 | 212.8-214.35 | Andesita | Mezcla |
| | D104 | 130.5-131.7 | Andesita | Sin oxidar |
| | D194 | 212.1-213.8 | Andesita | Sin oxidar |
| | D267 | 154.9-156.1 | Andesita | Sin oxidar |
| HC-4 | D253 | 143.4-144.2 | Brecha andesítica | Oxido |
| | D103 | 136.7-137.5 | Brecha andesítica | Oxido |
| | D84 | 66.2-67 | Brecha andesítica | Oxido |
| HC-5 | D209 | 116.8-117.7 | Diorita | Sin oxidar |
| | D223 | 5.8-6.5 | Diorita | Mezcla |
| | D151 | 234.5-235.1 | Diorita | Mezcla |
| HC-6 | D293 | 33-33.7 | Diorita | Oxido |
| | D236 | 49.8-50.6 | Diorita | Sin oxidar |
| | D290 | 71-71.5 | Diorita | Mezcla |
| | D290 | 33-33.5 | Diorita | Oxido |
| HC-7 | D180 | 92-92.7 | Latita | Mezcla |
| | D194 | 122.7-123.6 | Latita | Mezcla |
| HC-8 | D200 | 52-53.1 | Latita | Oxido |
| | D234 | 47.5-48.5 | Latita | Oxido |
| | D44 | 33.7-34.5 | Latita | Oxido |
| | D200 | 235-236.4 | Latita | Mezcla |
| | D292 | 101.7-102.2 | Latita | Oxido |
| | D251 | 33.7-34.6 | Latita | Oxido |
| HC-9 | D250 | 109-109.8 | Latita-Andesita | Sin oxidar |
| | D273 | 98.1-99.1 | Latita-Andesita | Mezcla |
| HC-10 | D164 | 217.5-218.3 | Dike de Latita | Mezcla |
| | D261 | 39.9-40.8 | Dike de Latita | Sin oxidar |
| | D191 | 185-186 | Dike de Latita | Sin oxidar |
| | D259 | 39.1-40 | Dike de Latita | Mezcla |
| HC-11 | D237 | 141-142 | Dike de Latita | Mezcla |
| | D244 | 161.8-162.5 | Dike de Latita | Sin oxidar |
| | D246 | 152.1-153 | Dike de Latita | Oxido |
| | D254 | 151- 151.8 | Dike de Latita | Oxido |
| | D167 | 38.3- 39.1 | Dike de Latita | Oxido |

Tabla II.14 Resultados de las pruebas de caracterización geoquímica al material estéril del yacimiento Dolores

| No. De columna (Pruebas de Celda Húmeda) | Barrenos muestreados (Pruebas ABA) | Resultados de las pruebas ABA NP/AP | Porcentaje aproximado del total de toneladas de material estéril (m) | Resultado de la prueba TCLP ¹ (Ver tabla II.15) | Resultados de las pruebas de celdas húmedas (Ver Anexo VII) | Resultados de la prueba NAG ² (Ver Anexo VII) |
|--|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|---|---|
| HC-1 | D290 | 0.44 | 10.6 % | No tóxico | El material no ha resultado generador de ácido después de 37 semanas de prueba | 0 kg H ₂ SO ₄ (no indicó contribución de ácido libre, de Al o Fe) |
| | D221 | 0.55 | | | | |
| | D262 | 0.57 | | | | |
| | D291 | 0.66 | | | | |
| | D196 | 1.1 | | | | |
| HC-2 | D268 | 2.2 | 9.8 % | No tóxico | Por los resultados de las pruebas ABA no se corrió estas pruebas | 0 kg H ₂ SO ₄ (no indicó contribución de ácido libre, de Al o Fe) |
| | D216 | 3.0 | | | | |
| | D251 | 3.6 | | | | |
| | D168 | 4.4 | | | | |
| | D293 | 6.9 | | | | |
| HC-3 | D240 | 19.1 | 10.6 % | No tóxico | Por los resultados de las pruebas ABA no se corrió estas pruebas | 0 kg H ₂ SO ₄ (no indicó contribución de ácido libre, de Al o Fe) |
| | D202 | 20.5 | | | | |
| | D104 | 41.9 | | | | |
| | D194 | 50 | | | | |
| | D267 | 124 | | | | |
| HC-4 | D253 | 27.1 | 13.0 % | No tóxico | Por los resultados de las pruebas ABA no se corrió estas pruebas | 0 kg H ₂ SO ₄ (no indicó contribución de ácido libre, de Al o Fe) |
| | D103 | 28.1 | | | | |
| | D84 | 37.4 | | | | |
| HC-5 | D209 | 11.9 | 3.5 % | No tóxico | Por los resultados de las pruebas ABA no se corrió estas pruebas | 0 kg H ₂ SO ₄ (no indicó contribución de ácido libre, de Al o Fe) |
| | D223 | 13.9 | | | | |
| | D151 | 17.5 | | | | |
| HC-6 | D293 | 53.9 | 5.5 % | No tóxico | Por los resultados de las pruebas ABA no se corrió estas pruebas | 0 kg H ₂ SO ₄ (no indicó contribución de ácido libre, de Al o Fe) |
| | D236 | 108 | | | | |
| | D290 | 155 | | | | |
| | D290 | 207 | | | | |
| HC-7 | D180 | 0.24 | 5.2 % | No tóxico | El material mostró generación de acidez a partir de la semana 13 | 13.7 Kg de H ₂ SO ₄ indica un fuerte potencial de generación de ácido libre, de Al o Fe |
| | D194 | 0.34 | | | | |
| HC-8 | D200 | 1.3 | 15.8 % | No tóxico | Por los resultados de las pruebas ABA no se corrió estas pruebas | 0 kg H ₂ SO ₄ (no indicó contribución de ácido libre, de Al o Fe) |
| | D243 | | | | | |
| | D44 | 2.4 | | | | |
| | D200 | 10 | | | | |
| | D292 | 11.3 | | | | |
| | D251 | 16.4 | | | | |

Tabla II.14 Continuación

| No. De columna (Pruebas de Celda Húmeda) | Barrenos muestreados (Pruebas ABA) | Resultados de las pruebas ABA NP/AP | Porcentaje aproximado del total de toneladas de material estéril (m) | Resultado de la prueba TCLP ¹ (Ver tabla II.15) | Resultados de las pruebas de celdas húmedas (Ver Anexo VII) | Resultados de la prueba NAG ² (Ver Anexo VII) |
|--|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|--|--|
| HC-9 | D250 | 0.27 | 6.0% | No tóxico | El material no ha mostrado generación de ácido después de 37 semanas de prueba. Aunque el consumo de carbonatos se ha dado a una velocidad 7 veces mayor al consumo de sulfuros, lo que podría resultar en generación ácida eventualmente. | 20.8 Kg de H ₂ SO ₄ indica un fuerte potencial de generación de ácido libre, de Al o Fe. |
| | D273 | 1.3 | | | | |
| HC-10 | D164 | 0.16 | 6.7 % | No tóxico | El material ha mostrado ligero incremento en la acidez y sulfatos después de la semana 20 y el consumo de carbonatos se ha dado a una velocidad 13 veces mayor al consumo de sulfuros, lo que podría resultar en generación ácida eventualmente. | 11.4 Kg de H ₂ SO ₄ Indica un fuerte potencial de generación de ácido |
| | D261 | 0.26 | | | | |
| | D191 | 0.37 | | | | |
| | D259 | 0.39 | | | | |
| HC-11 | D237 | 2.3 | 11.4 % | No tóxico | Por los resultados de las pruebas ABA no se corrió estas pruebas | 0 kg H ₂ SO ₄ (no indicó contribución de ácido libre, de Al o Fe) |
| | D244 | 2.4 | | | | |
| | D246 | 8.1 | | | | |
| | D254 | 9.7 | | | | |
| | D167 | 15.2 | | | | |

¹ Equivalente a la prueba PECT (NOM-052-SEMARNAT-1993)

² Prueba de generación de ácido neta

Los resultados de las pruebas ABA mostraron potencial de generación de ácido (PGA) en 13 de las 44 muestras analizadas. Se considera que cuando la razón del potencial de neutralización al potencial de generación de ácido (NP/AP) es menor que 1.2, el material tiene potencial para generar ácido, por lo que debe verificarse con pruebas adicionales como las pruebas de celdas húmedas y la prueba NAG, entre otras. En términos de tonelaje se estima que las muestras sometidas a la prueba ABA que resultaron con PGA, representan a aproximadamente el 28.5%.

De acuerdo a los resultados de las pruebas ABA solo los compósitos 1, 7, 9 y 10 (ver tabla II.14) se sometieron a la prueba de celdas húmedas. Los resultados hasta la semana 37 de prueba muestran lo siguiente:

Columna 1 (HC1). Después de 37 semanas de prueba no se ha presentado generación de ácido, lo que coincide con el resultado de la prueba NAG que no indicó contribución de ácido libre. Por el momento la empresa considera que este material **no es generador de ácido** y no se contempla un manejo especial del mismo. No obstante se continuará con la prueba de celdas húmedas para detectar posibles reacciones a muy largo plazo que pudieran presentarse en este material. La empresa informará a las autoridades los resultados al prolongar estas pruebas y posibles cambios que pudieran requerirse en el manejo de este material, dependiendo de los resultados mas adelante. Esta muestra representa el 10.6% del material estéril, que sumado al resto del material estéril que no mostró potencial de generar ácido, se tiene que al menos un 82.1% de todo la roca estéril será inerte y no presentará riesgo alguno de lixiviar metales o acidez.

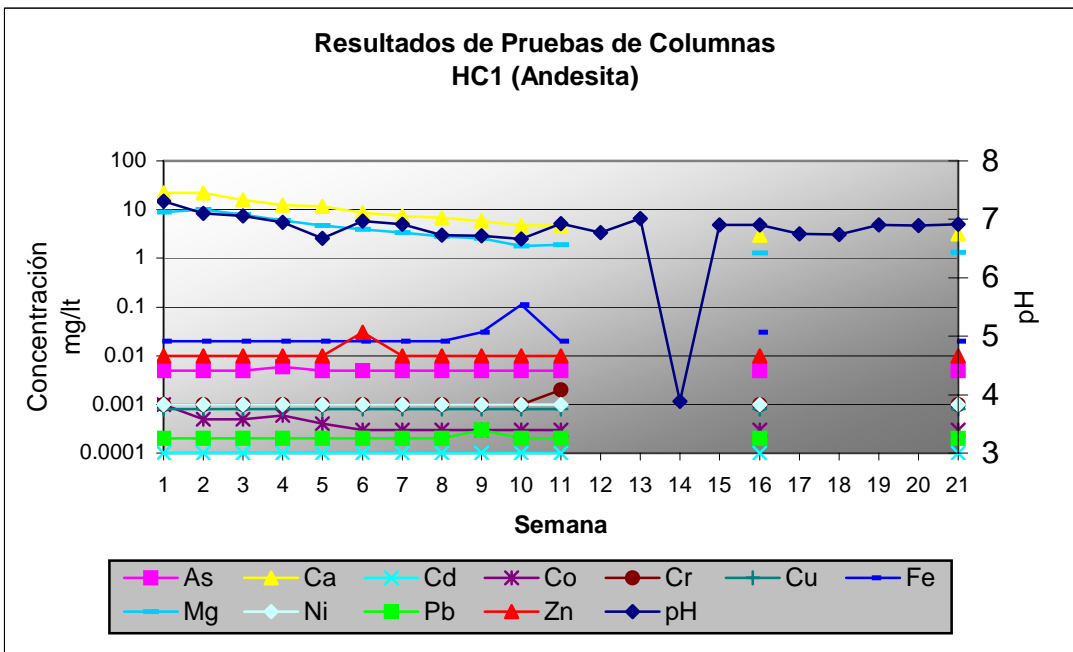
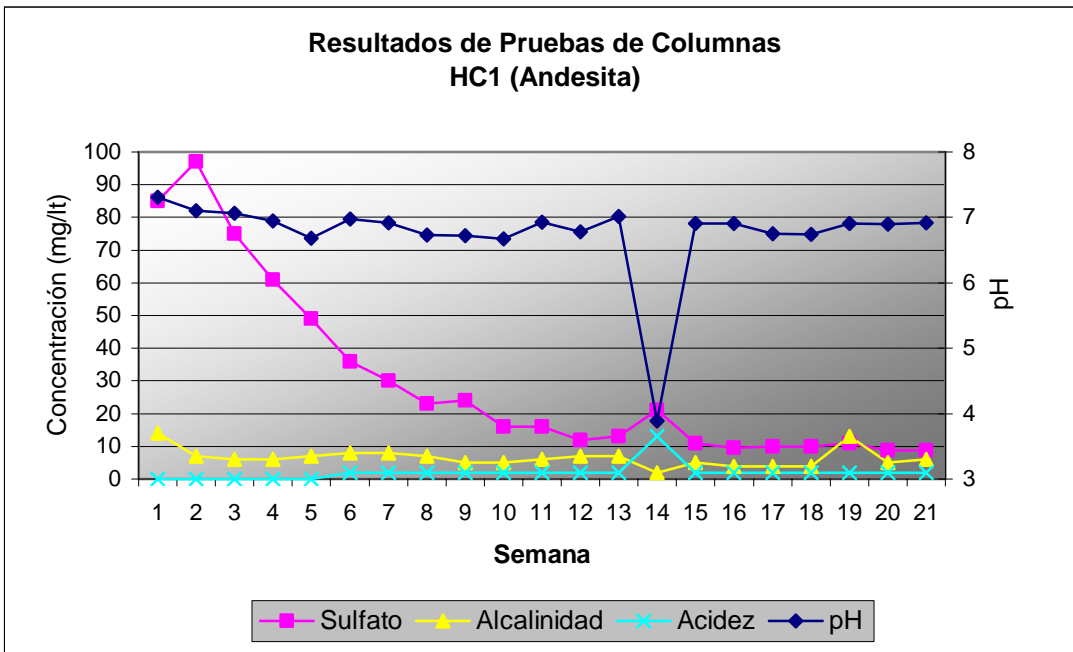
Columna 7 (HC7). Esta muestra, que representa el 5.7 % de la roca estéril, ha presentado generación de acidez desde la semana 13 de la prueba y se considera como el material de mayor potencial de generar ácido en el corto y mediano plazo.

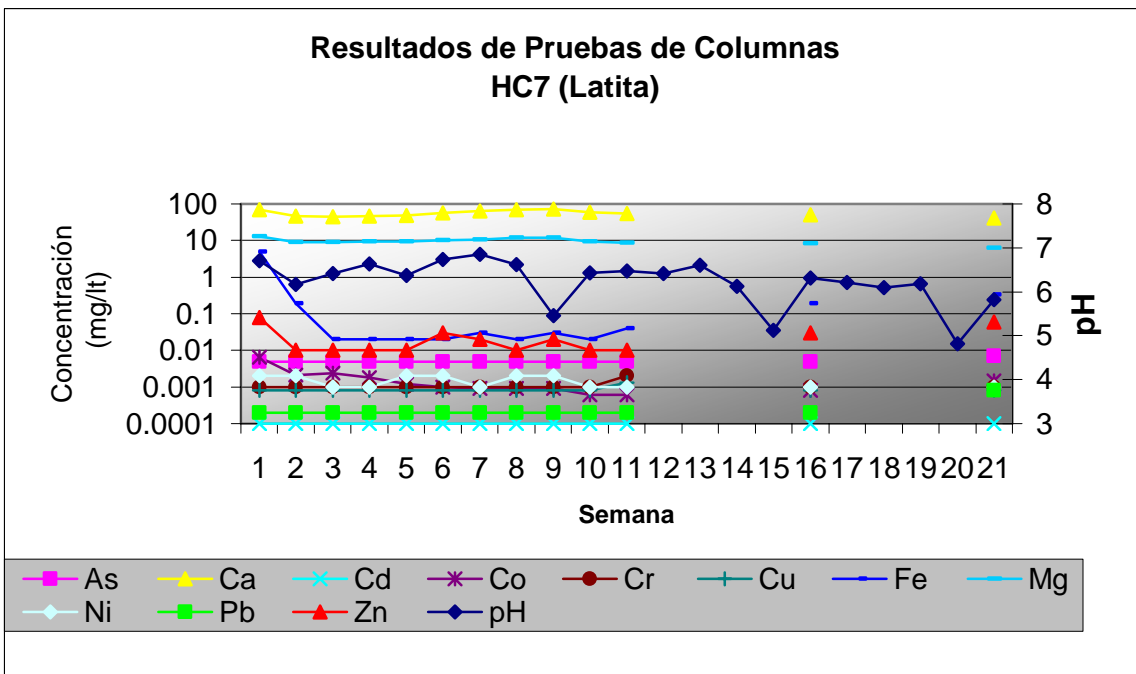
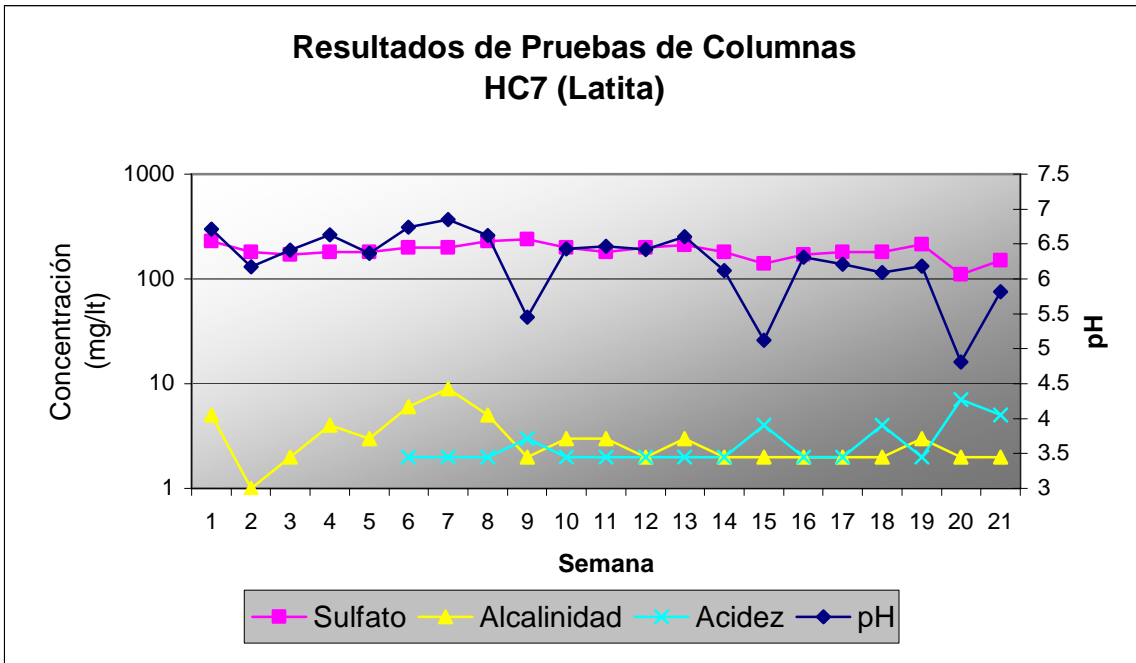
Columna 9 (HC9). Después de 37 semanas de la prueba de celdas húmedas este material no ha presentado producción de ácido, el pH se ha mantenido neutral y estable y los sulfatos han tenido una tendencia de disminución. Sin embargo el potencial de neutralización por carbonatos se ha consumido 7 veces más rápido que los sulfuros, a lo largo de la prueba, lo que mantiene la posibilidad de generación de ácido. Aunado a esto, el resultado de la prueba NAG indicó un fuerte potencial de generación de ácido libre. Este material, que corresponde a un 6% de la roca estéril a producir, se está considerando por la empresa como generador de ácido y será manejado en forma apropiada.

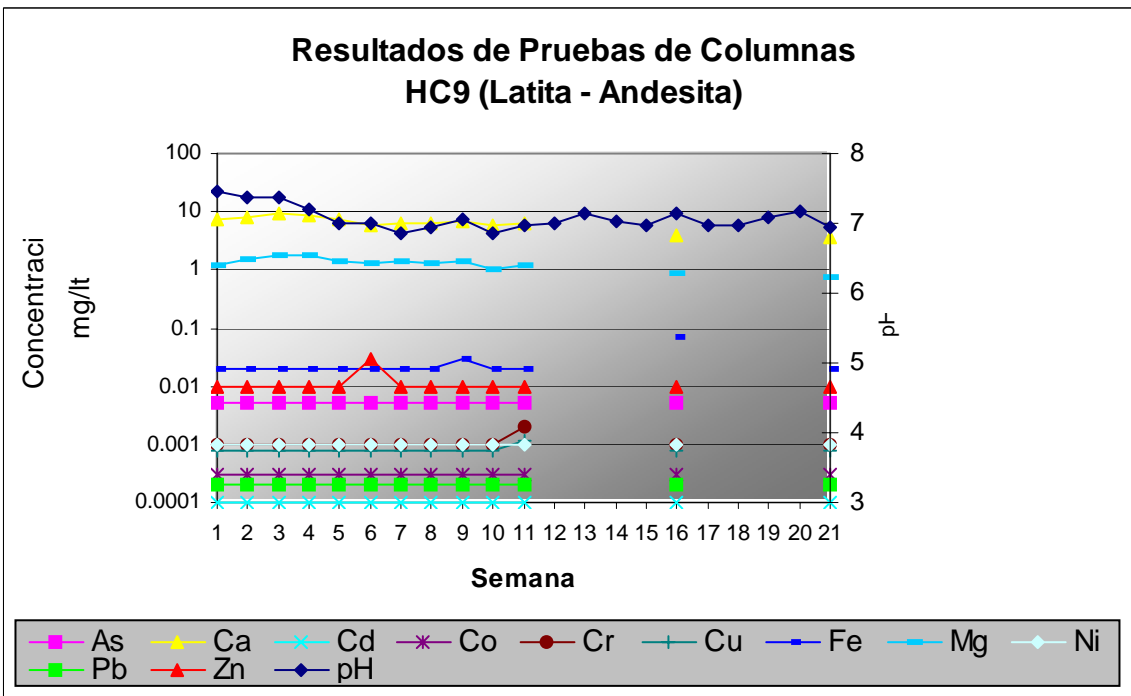
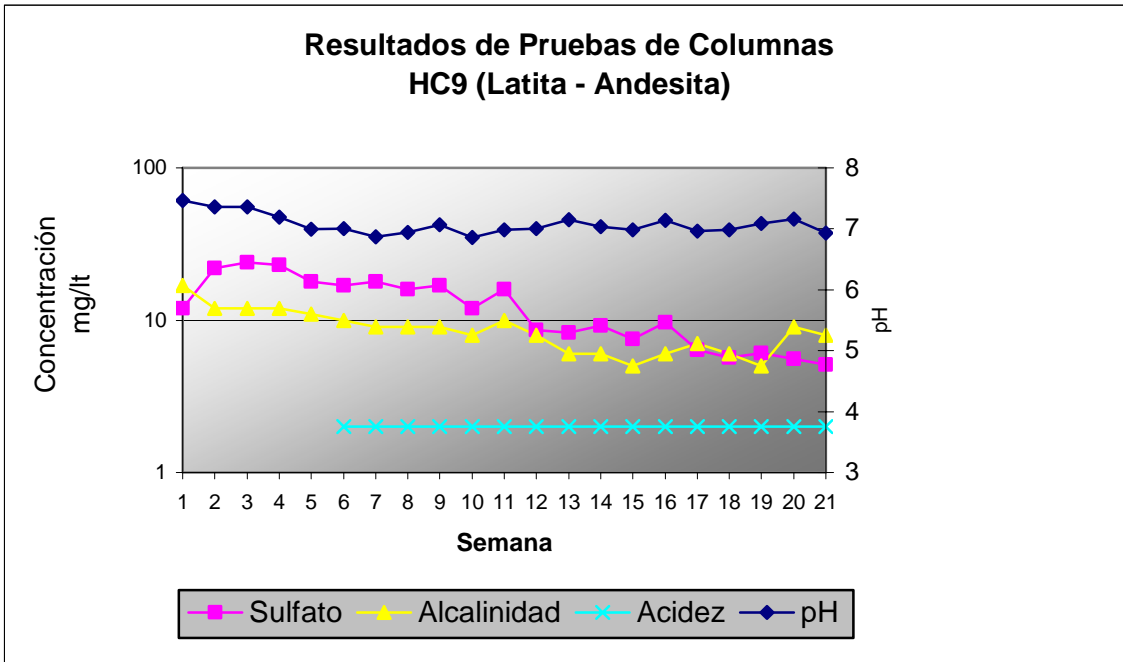
Columna 10 (HC10). El material de esta columna ha mostrado ligero incremento de acidez y sulfatos después de la semana 20 de la prueba y disminución en el pH. Además el potencial de neutralización se ha consumido 13 veces mas rápido que los sulfuros por lo que de continuar esta tendencia se esperaría que al agotarse los carbonatos el sulfuro remanente estará disponible para generar ácido. Esta muestra se asocia con el 6.7 % de la roca estéril.

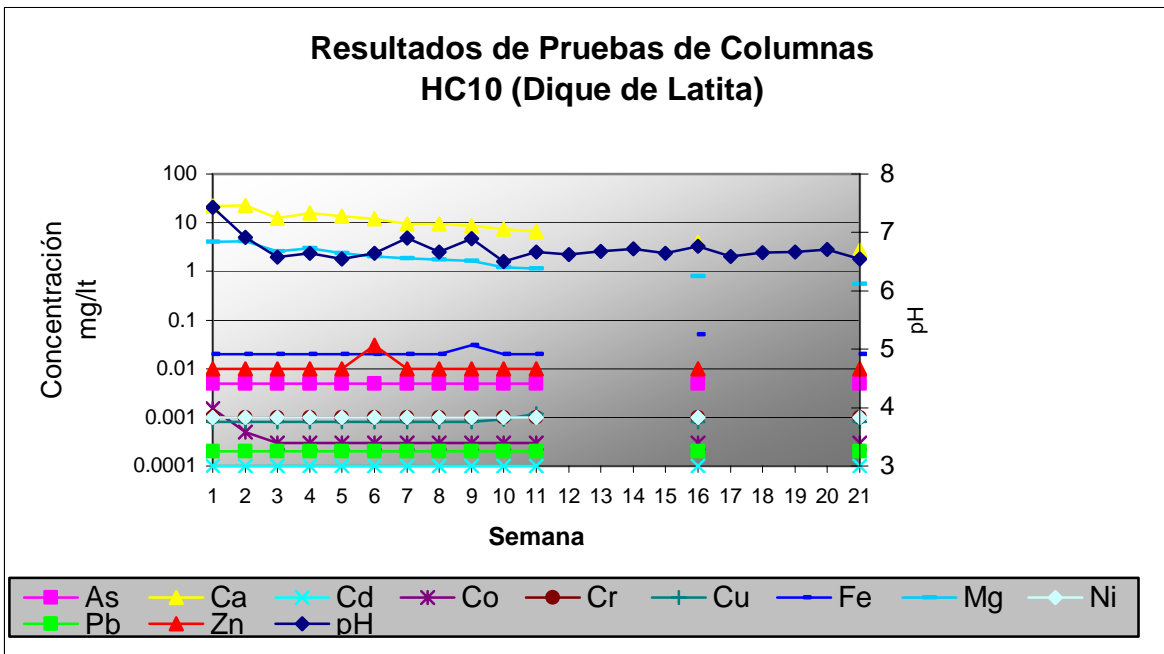
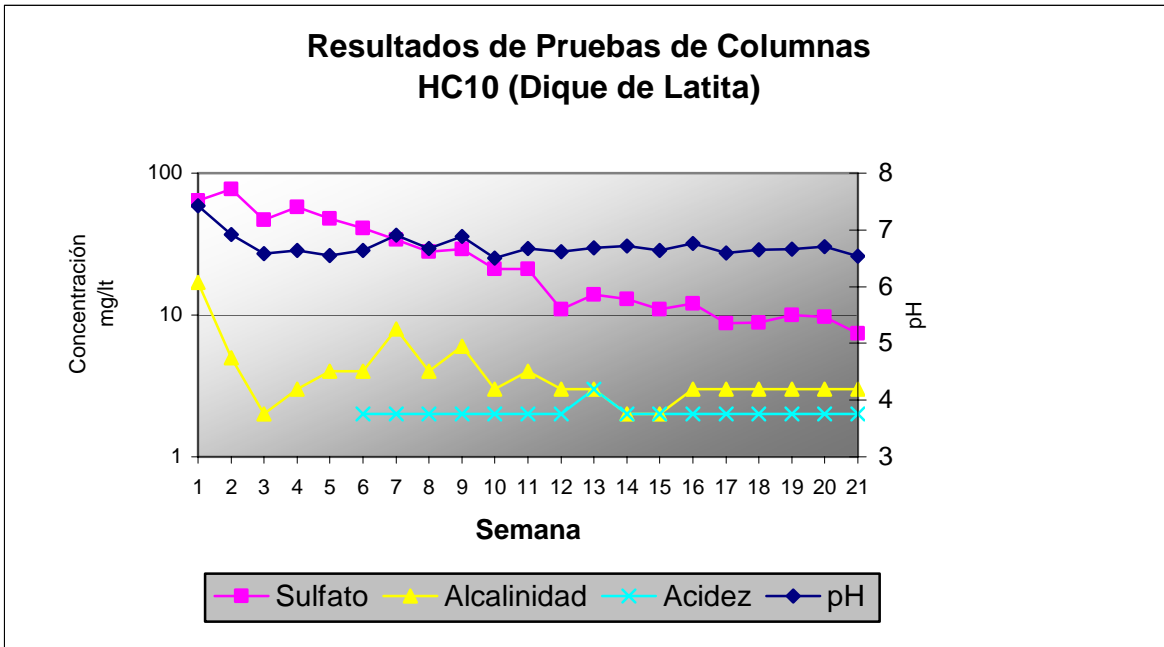
Las muestras 7, 9 y 10 representan en conjunto 17.9% del total de la roca estéril a producir y será manejado apropiadamente para asegurar que quede cubierto y/o mezclado con el material inerte que no presentó potencial de drenaje ácido.

Las siguientes gráficas muestran el comportamiento de los diferentes parámetros a lo largo de la prueba de celdas húmedas para los cuatro compósitos arriba seleccionados.









En cuanto a los resultados de la pruebas TCLP, se encontró que ninguna de las muestras presenta características de toxicidad, es decir, no clasifica como un residuo peligroso. Ver tabla II.15.

Se estima que se generarán aproximadamente 268 millones de toneladas de material estéril, o tepetate, en toda la vida de la mina, es decir un promedio anual de 23 a 28 millones de toneladas, que serán depositadas en los diferentes terreros proyectados, según el tipo y características del material y la localización del terrero con respecto a la zona del tajo que se esté minando. Se tendrá especial atención para que el material que resultó con potencial de generar ácido quede cubierto y/o mezclado con material no generador de ácido.

En el anexo VII de este documento se presenta un resumen traducido al español del siguiente reporte técnico en relación con las pruebas de caracterización del material estéril del yacimiento Dolores: Waste Rock Humidity Cell 20 Week Interim Report por parte de SGS Lakefield Research Limited.

Tabla II.15 Resultados de la prueba TCLP en muestras de roca estéril

| Muestra | | Composito 1 | Composito 2 | Composito 3 | Composito 4 | Composito 5 | Composito 6 | Composito 7 | Composito 8 | Composito 9 | Composito 10 | Composito 11 |
|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Parámetro | Unidad | | | | | | | | | | | |
| Humedad | % | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 |
| % sólidos | % | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A | N/A |
| Muestra | Peso(g) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| Fluido Ext. | #1 o #2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Volumen Ext. | mL | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 | 2000.0 |
| pH inicial | unidades | 4.88 | 4.89 | 4.98 | 4.88 | 4.91 | 4.97 | 4.89 | 4.86 | 4.94 | 4.87 | 4.88 |
| pH final | Unidades | 4.96 | 4.97 | 5.24 | 4.95 | 5.10 | 5.32 | 4.96 | 4.91 | 5.10 | 4.96 | 4.95 |
| pH | Unidades | 4.98 | 5.00 | 5.28 | 4.98 | 5.14 | 5.39 | 5.01 | 4.94 | 5.14 | 5.00 | 4.99 |
| Alcalinidad | mg/L CaCO3 | 995 | 1020 | 1480 | 984 | 1290 | 1630 | 1060 | 913 | 1290 | 1040 | 1000 |
| HCO3 | mg/L | 995 | 1020 | 1480 | 984 | 1290 | 1630 | 1060 | 913 | 1290 | 1040 | 1000 |
| SDT | mg/L | 3950 | 3910 | 4630 | 3860 | 4300 | 4920 | 4150 | 3790 | 4380 | 4020 | 3960 |
| CNWAD | mg/L | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 |
| Cl | mg/L | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 | < 10 |
| F | mg/L | 2.23 | 0.09 | 0.08 | 0.13 | 0.10 | 0.10 | 0.16 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.11 |
| NO2 | como N mg/L | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 |
| NO3 | como N mg/L | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 | < 0.5 |
| NO2+NO3 | como N mg/L | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 | < 0.6 |
| SO4 | mg/L | 36 | 11 | 5.8 | 9.6 | 7.2 | 5.8 | 300 | 17 | 15 | 41 | 13 |
| Hg | µg/L | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 |
| Ag | mg/L | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 |
| Al | mg/L | 1.59 | 0.57 | 0.37 | 0.20 | 0.26 | 0.16 | 0.24 | 0.19 | 0.24 | 0.29 | 0.22 |
| As | mg/L | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | 0.010 | 0.008 | 0.026 | < 0.005 | 0.017 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 |
| Ba | mg/L | 0.149 | 0.165 | 0.185 | 1.22 | 0.904 | 0.881 | 0.258 | 0.905 | 0.688 | 0.552 | 0.681 |
| Be | mg/L | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | 0.006 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 |
| B | mg/L | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.17 | 0.12 | 0.11 | 0.15 | 0.15 | 0.12 | 0.18 | 0.13 |
| Bi | mg/L | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 |
| Ca | mg/L | 41.4 | 49.9 | 222 | 62.9 | 146 | 284 | 110 | 25.7 | 146 | 67.8 | 53.4 |

Tabla II.15 Continuación

| Muestra | | Composito 1 | Composito 2 | Composito 3 | Composito 4 | Composito 5 | Composito 6 | Composito 7 | Composito 8 | Composito 9 | Composito 10 | Composito 11 |
|---------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Cd | mg/L | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | 0.0007 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 |
| Co | mg/L | 0.0261 | 0.0158 | 0.0024 | 0.0019 | 0.0174 | 0.0024 | 0.0084 | 0.0016 | 0.0021 | 0.0082 | 0.0015 |
| Cr | mg/L | 0.001 | 0.001 | < 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | < 0.001 | 0.001 | < 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| Cu | mg/L | 0.0195 | 0.0100 | 0.0049 | 0.0027 | 0.0050 | 0.0030 | 0.0009 | 0.0009 | < 0.0008 | 0.0054 | 0.0013 |
| Fe | mg/L | 0.29 | 1.05 | 0.86 | < 0.02 | 0.62 | 0.21 | 5.47 | 0.03 | 0.43 | 0.39 | < 0.02 |
| Ga | mg/L | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 | < 0.02 |
| Li | mg/L | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 |
| K | mg/L | 4.19 | 3.94 | 5.44 | 5.17 | 5.53 | 4.30 | 7.89 | 7.68 | 6.87 | 7.65 | 9.51 |
| Mg | mg/L | 11.7 | 4.47 | 4.50 | 6.10 | 5.76 | 1.66 | 13.6 | 3.54 | 8.55 | 6.93 | 5.69 |
| Mn | mg/L | 1.32 | 0.917 | 4.26 | 1.87 | 2.63 | 1.95 | 1.96 | 0.147 | 2.28 | 1.63 | 1.33 |
| Mo | mg/L | 0.0064 | 0.0004 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | 0.0012 | < 0.0003 |
| Na | mg/L | 1290 | 1280 | 1280 | 1240 | 1300 | 1270 | 1230 | 1280 | 1260 | 1360 | 1260 |
| Ni | mg/L | 0.014 | 0.010 | 0.011 | 0.007 | 0.012 | 0.010 | 0.007 | 0.002 | 0.005 | 0.005 | 0.003 |
| P | mg/L | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 |
| Pb | mg/L | 0.0005 | 0.0005 | 0.0003 | 0.0009 | 0.0010 | 0.0005 | 0.0502 | 0.0005 | 0.0021 | 0.0046 | 0.0046 |
| Sb | mg/L | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 | < 0.05 |
| Sc | mg/L | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 | < 0.01 |
| Se | mg/L | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | 0.007 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 |
| Sn | mg/L | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 |
| Sr | mg/L | 0.206 | 0.337 | 0.404 | 0.684 | 0.460 | 0.804 | 0.436 | 0.143 | 0.372 | 0.321 | 0.336 |
| Ti | mg/L | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 |
| Tl | mg/L | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 |
| V | mg/L | < 0.002 | < 0.002 | 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | 0.003 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 |
| Zn | mg/L | 0.03 | 0.05 | 0.03 | 0.27 | 0.18 | 0.16 | 0.36 | 0.22 | 0.20 | 0.29 | 0.19 |

(Tomado de Reporte No. CA10065-AUG04 SGS Lakefield Research)

II.2.8.2 Basura y residuos especiales

Desde la etapa de preparación del sitio y construcción se generará diferentes tipos de residuos no peligrosos como son los materiales de construcción (cartón, madera, plástico, tuberías, pedacería de fierro, etc.). También se generará tierra producto del descapote y nivelación del terreno. Se promoverá el re-uso de estos residuos dentro de las instalaciones mineras o por parte de los pobladores de Dolores. Los que no sean aprovechados serán depositados junto con la basura doméstica en el área asignada como relleno sanitario (ver figura II.5).

Otros residuos no tóxicos serán los desechos domésticos que se generarán en las áreas de oficina, comedor y campamento de empleados.- Estos residuos serán depositados diariamente en contenedores debidamente rotulados y tapados los cuales serán colectados al menos dos veces por semana para su disposición final en el relleno sanitario.

La operación de la mina generará basura de tipo doméstico y sanitario, así como también residuos de cartón, plástico y partes de tuberías, provenientes de todas las áreas de proceso.

Asimismo, se generarán lodos provenientes del lavado de camiones que transportarán la roca mineralizada del tajo al patio de lixiviación.

II.2.8.3 Residuos Peligrosos

Los residuos potencialmente tóxicos o peligrosos que se espera se generen en las diferentes etapas del proceso productivo se describen enseguida. Una vez que se inicie la generación de estos residuos se realizarán las pruebas de caracterización de acuerdo a la norma NOM-053-SEMARNAT-1993, para evaluar su toxicidad y definir las prácticas adecuadas para su manejo y disposición final.

Lodos de proceso.

Estos residuos serán producto de la sedimentación de los lodos que se generarán en el filtro clarificador, los cuales se bombearán a una pileta de sedimentación. El decantado de esta pileta se reintegra al proceso al enviarse a la pileta de solución de proceso, mientras que el precipitado se almacena en el fondo de la pileta hasta que se acumule una cantidad suficiente para su disposición final en los patios de lixiviación.

Residuos de mercurio.

Para eliminar el contenido de mercurio del concentrado mineral y prevenir la contaminación en el proceso de fundición, se instalará un horno de retorta que alcanzará temperaturas promedio de 538 °C provocando que el mercurio se desprenda en forma de vapor que será adecuadamente canalizado y pasado por un condensador donde se colectarán los residuos de mercurio. Estos residuos se almacenarán en recipientes adecuados mientras se envían para su venta como subproducto.

Escoria.

En el proceso de fundición del concentrado mineral se vacía en un molde la mezcla fundida que al solidificarse se separa en dos partes que son el doré y la escoria o desecho. El doré precipita en el fondo del molde y la escoria queda en la parte superior del mismo. Se pretende que la escoria sea reincorporada al proceso de recuperación.

Residuos del precipitador electrostático.

Las emisiones del horno de fundición se pasarán por un precipitador electrostático para eliminar las partículas y contaminantes antes de liberar estos gases a la atmósfera. El precipitador acumulará residuos que serán colectados y dispuestos periódicamente en

tambores apropiados mientras se envían a su disposición final.

Residuos del filtro de las emisiones del horno de retorta.

Las emisiones del horno de retorta serán pasadas por un proceso de filtrado al vacío para eliminar al máximo los residuos de mercurio y otras impurezas en los gases de la retorta. Periódicamente se colectarán y dispondrán de acuerdo a la normatividad aplicable.

Aceite usado.

Se generará aceite usado principalmente en el área del taller donde se dará mantenimiento al equipo pesado. El aceite usado se colectará en dos tanques de 18,800 litros cada uno que se localizarán en el área de tanques, y se utilizará, mezclado con diésel, como insumo en la preparación del ANFO (explosivo). Previo a este uso se tomarán muestras representativas para asegurar que no presenta características peligrosas o que causará fallas en las voladuras.

Cualquier excedente de aceite usado que no se consuma para explosivos, se alimentará a un sistema con filtros de micrón, WOTEC (Waste Oil to Energy Converter), para ser mezclado con el diésel que se usa como combustible del equipo móvil. Se estima que con este tratamiento se puede adicionar hasta 3% de aceite al diésel, sin presentar problemas en los equipos que lo utilizan.

Los filtros que se desechen del equipo WOTEC y los que se desechen de los cambios de filtro de la maquinaria y vehículos, serán drenados en caliente por 24 horas y posteriormente triturados en un equipo especial. Los filtros triturados serán analizados para evaluar su toxicidad comparado con la norma NOM-052-SEMARNAT-1996, aunque se espera que estos no presenten problemas y se puedan disponer en el relleno sanitario de las instalaciones mineras.

Otros productos de desecho como suelo contaminado, filtros, estopas, pinturas, solventes.

Todo derrame de hidrocarburos será limpiado, colectando los líquidos y excavando y removiendo todo el suelo contaminado. Los residuos serán dispuestos en contenedores y tratados in situ o enviados a confinamientos externos, según se acuerde con SEMARNAT.

Todo el material impregnado de hidrocarburos como estopas, filtros, papel, etc. Será dispuesto adecuadamente en contenedores tapados hasta su disposición final o tratamiento según se acuerde con las autoridades.

Se generarán residuos contaminados con metales pesados del sistema de filtrado para reciclar el anticongelantes del equipo móvil. El volumen a producir se estima en aproximadamente 10 galones por año, que será enviado a confinamiento externo autorizado.

Otros desechos que serán generados son los residuos de solventes y líquidos limpiadores a utilizarse en el taller; así como cantidades relativamente pequeñas de residuos del laboratorio. Estos serán dispuestos de acuerdo a la normatividad aplicable.

Empaques y embalajes de sustancias tóxicas.

Todos los recipientes vacíos de sustancias químicas serán regresados a los proveedores cada vez que se abastece de nuevo producto. Otros empaques no retornables se tratarán de re-usar en las operaciones, disponer o destruir adecuadamente en el sitio, siempre y cuando sea acordado con las autoridades correspondientes.

Tabla II.16 Residuos peligrosos a generar en el Proyecto Minero Dolores

| NOMBRE DEL RESIDUO | CARACTERÍSTICAS CRETIB | PROCESO O ETAPA EN LA QUE SE GENERA | SITIO DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL | USO O SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL |
|--|------------------------|--|----------------------------------|--|
| Aceite industrial para automotores (usado) | Inflamable/ tóxicos | Utilización de los vehículos automotores, maquinaria y equipo generador de energía | Almacén de aceites | Parte se utilizará en la preparación de explosivos y parte se mezclará con el combustible diésel. |
| Filtros de aceite usado | Inflamable/ tóxico | Sistema de filtrado de aceite usado (WOTEC) y cambios de filtro de la maquinaria y vehículos ligeros | Almacén de aceites | Los filtros serán drenados en caliente por 24 horas, triturados y dispuestos en el relleno sanitario de la mina. |
| Filtros, estopas y otros materiales impregnados de HC | Inflamables/ tóxicos | Mantenimiento de maquinaria y equipo en general. | Almacén de residuos peligrosos. | Centro de acopio autorizado para manejo de residuos peligrosos |
| Empaques y embalajes impregnados de sustancias tóxicas | Tóxicos y/o corrosivos | Proceso de lixiviación y planta Merrill-Crowe, laboratorio. | Almacén de residuos peligrosos. | Se retornarán a proveedores y/o se re-utilizarán o destruirán en el sitio, según acordado con SEMARNAT |
| Residuos de mercurio | Tóxico | Horno de retorta | Almacén de residuos peligrosos | Se venderá como subproducto |
| Escoria | Se caracterizará | Fundición | Área de proceso | Se re-incorporará al proceso |
| Polvos del precipitador electrostático | Tóxico | Fundición | Almacén de residuos peligrosos | Centro de acopio autorizado |
| Filtros del horno de retorta | Tóxico | Fundición | Almacén de residuos peligrosos | Centro de acopio autorizado |
| Residuos de anti-congelante | Tóxico | Mantenimiento de equipo móvil (cambios de líquido anticongelante) | Almacén de residuos peligroso | Centro de acopio autorizado |
| Residuos de laboratorio | Tóxicos | Operación del laboratorio metalúrgico | Almacén de residuos peligroso | Centro de acopio autorizado |

II.2.8.4 Descargas de agua residual

Las únicas descargas de agua residual serán las aguas de servicio de las áreas de oficinas, taller, comedor y otras áreas operativas donde se instalarán servicios sanitarios. Las aguas negras serán captadas en fosas sépticas adecuadamente diseñadas cuyo efluente ya tratado será descargado en redes de tubería o pozos de infiltración.

Considerando que se producirá un promedio diario de 100 litros de agua de desecho por cada persona y dado que laborarán un máximo de 200 personas al día en la unidad minera, se estima una generación promedio de 20 m³ de aguas negras al día.

No se generarán desechos líquidos en ninguna fase del proceso industrial ya que se operará en un circuito cerrado en el cual las soluciones de proceso se mantendrán en recirculación, solo se agregarán los reactivos y agua para compensar pérdidas por evaporación.

En temporada de lluvia se pueden presentar descargas al entorno por los escurrimientos en la zona de terreros de tepetate, así como excedentes del represo El Chabacan, que serán canalizados hacia el arroyo Chabacan, aguas debajo de las obras mineras, para descargar finalmente en el río Tutuaca. Como se menciona estas descargas serán solo aguas pluviales y son totalmente independientes de las áreas de proceso.

También habrá descargas de la zona del tajo. Los primeros tres o cuatro años de minado el exceso de agua almacenada en la zona del tajo fluirá por gravedad a lagunas de retención en los terreros de material estéril, que permitirán medir su calidad y tratarla de ser necesario, antes de descargarla al entorno natural. Después del cuarto año, el exceso de agua tendrá que bombearse a las lagunas de retención para su monitoreo antes de descargarse.

De acuerdo a estudio realizado por Golder Associates Inc. el tajo tendrá un flujo de agua neto entre 1.73 y 1.83 millones de m³ una vez hecho el balance entre influjo y perdidas por infiltración y evaporación. Se estima que el tajo se llenará hasta el máximo punto de vertido, el nivel 1,465 msnm, hasta 30 años después del fin de minado. A partir de entonces el tajo derramará agua al entorno durante la época de lluvias.

Golder Associates Inc. realizó una evaluación, utilizando el modelo PHREEQC versión 2.8, para estimar la calidad del agua del tajo, basado en las pruebas de caracterización geoquímica realizadas en muestras de barrenos, de las diferentes secciones del tajo, y en datos disponibles de la calidad del agua subterránea y superficial. Con base en esto el peor escenario muestra un agua con pH de 4.7 y los niveles de metales sin exceder los límites de la norma de descarga NOM-001-SEMARNAT-1996, por lo que se nombra como un agua de "riesgo moderado". Mientras que el mejor escenario muestra un agua con pH de 7, con niveles de metales por debajo de la norma de descarga, llamándole agua de "muy bajo riesgo". Una traducción del reporte de Golder sobre la modelación referida se anexará al Estudio de Riesgo que se ingresará junto con esta Manifestación de Impacto Ambiental.

Los resultados de esta modelación fueron revisados en forma preliminar debido a la variante que propuso recientemente la empresa de rellenar parcialmente el tajo minero con material estéril. Golder concluye de esta revisión preliminar que no se dan cambios apreciables en la calidad del agua del tajo con respecto a lo que ya se había estimado sin considerar el relleno parcial del tajo. Sin embargo recomienda que para una mejor idea del impacto real sobre la calidad del agua, se revise el balance de agua lo que permitirá alimentar al modelo con datos más realistas.

El monitoreo de la calidad del agua del tajo durante las operaciones será muy importante para definir las condiciones de manejo de la misma.

II.2.8.4 Emisiones a la atmósfera

Serán varias las fuentes de emisiones a la atmósfera, entre las más importantes estarán:

Mina. Las partículas suspendidas que se generarán durante actividades de desmonte y principalmente en la fase de minado y acarreo del material, tráfico de vehículos dentro y alrededor de la mina, así como la carga y descarga de mineral y material estéril. También la acción erosiva del viento en áreas desprovistas de la vegetación será otra fuente de polvos fugitivos.

Para el control de polvo de las fuentes mencionadas se aplicarán riego de agua a presión, utilizando carro-tanques, de caminos y áreas de maniobras. El uso de sustancias paliativas para la supresión del polvo será evaluado si es necesario.

Planta de trituración. La emisión de partículas suspendidas por la planta trituradora afectará la calidad del aire ambiente y principalmente la calidad del aire del entorno laboral, por lo que será de gran importancia el control de la fuente y al mismo tiempo el uso por parte del personal del equipo de protección adecuado.

Para controlar las emisiones en la planta de trituración se utilizarán casas de bolsa y un sistema de aspersión de agua en puntos estratégicos de las instalaciones.

Circuito de lixiviación. Dado que el riego del mineral se hará con soluciones de cianuro, se pueden formar gases de ácido cianhídrico, lo cual es muy poco probable ya que al mantener un pH alto (>10) en las soluciones de proceso, se inhibe la formación del HCN, además la concentración de cianuro en solución se mantendrá lo mas bajo posible.

Fundición. Tanto el horno de retorta como el horno de fundición serán dos fuentes de emisión a la atmósfera que hay que controlar en esta etapa del proceso.

El horno de retorta emitirá vapores de mercurio que al pasar por unos condensadores se convertirá en mercurio líquido. Los gases continuarán su paso por un filtro de carbón donde se le extraerá el mercurio remanente, antes de descargarse a la atmósfera. Dado que este horno opera con electricidad no se esperan contaminantes de combustión en estos gases.

Los gases del horno de fundición pasarán por un precipitador electrostático para remover partícula antes de liberarse a la atmósfera. Por el uso de gas como combustible, los principales contaminantes serían las partículas, trazas de metales y los óxidos de nitrógeno. Se espera que el precipitador electrostático elimine hasta en un 99% las impurezas de los gases antes de ser descargados a la atmósfera.

Otras fuentes de emisiones a la atmósfera serán los generadores eléctricos y los vehículos.

II.2.9 Infraestructura para el manejo y la disposición adecuada de los residuos

Se elaborará un programa de manejo de todos los residuos ha generarse en la unidad minera. Entre las primeras acciones a realizar estará la caracterización de cada uno de los residuos potencialmente peligrosos para definir las prácticas de manejo, re-uso o disposición final.

Se implementará un programa para minimizar los empaques y embalajes, haciendo énfasis en aquéllos que se constituyen como residuos peligrosos; sin embargo, aquellos empaques y embalajes de sustancias específicas, o que por sus características requieran contenedores especiales, serán tratados por separado y, de ser factible, se compactarán o triturarán para minimizar el volumen generado de los mismos.

Asimismo, se mantendrá una política de minimización de residuos peligrosos, fomentando la sustitución de productos que generen residuos peligrosos que no se pueden reciclar o reutilizar y que tengan que enviarse a confinamientos externos.

Para los residuos no peligrosos se establecerá un programa de colección y disposición periódica, instalando recipientes adecuados para la basura en todas las áreas de trabajo. La disposición final de estos residuos se hará en el relleno sanitario a construir en el sitio.

Los residuos peligrosos se irán depositando en contenedores tapados y debidamente etiquetados y serán almacenados temporalmente en el almacén de residuos peligrosos hasta su re-uso o envío a disposición final.

II.2.10 Otras fuentes de daños

Contaminación por ruido y/o vibraciones

Las principales fuentes de ruido y vibraciones serán: las voladuras, los equipos de barrenación y la planta trituradora.

Contaminación térmica, radiactiva y luminosa

En el proyecto no existirán fuentes de contaminación térmica, ni de contaminación radioactiva.

Situaciones de riesgo ambiental.

Dado el tipo de industria extractiva, los grandes volúmenes de materiales y sustancias que se manejarán, así como el tamaño y cantidad de la maquinaria de la mina, los principales riesgos de operación que pueden repercutir en el ambiente y afectar a los trabajadores de la mina son:

- Daños en las instalaciones y equipos, como tuberías y pilas de contención, que puedan provocar derrames o desbordamientos de soluciones de proceso
- Derrames de sustancias químicas o combustible durante el transporte o maniobras de carga y descarga
- Liberación de HCN en las instalaciones de proceso por descontrol del pH en las soluciones cianuradas.
- Incendio o explosión dentro de las instalaciones mineras
- Deslizamiento de terrenos por inestabilidad de pendientes o presión de saturación de agua que pongan en riesgo la vida de las personas y la seguridad de las instalaciones mineras.
- Inundación severa por lluvias extrema

El análisis de los riesgos ambientales y las medidas de seguridad a aplicar se describen detalladamente en el Estudio de Riesgo, Nivel 3, que se ingresará a la SEMARNAT junto con esta Manifestación de Impacto Ambiental.

III. VINCULACION CON LOS ORDENAMIENTOS JURIDICOS APLICABLES EN MATERIA AMBIENTAL Y, EN SU CASO, CON LA REGULACION SOBRE USO DEL SUELO

Las políticas sobre cuidado al medio ambiente nacen desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en donde se plantean las siguientes premisas:

- Toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar (Art. 4)
- Bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente (Art. 25)
- La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada la modalidades que dicte el interés público, así como el de regular en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. (Art. 27).
- El Congreso tiene la facultad de expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico. (Art. 73).
- Los municipios estarán facultados para participar en la formulación de planes de desarrollo regional los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia, autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, otorgar licencias y permisos para construcciones, entre otros. (Art. 115).

Por su parte, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2001-2006 tiene como uno de sus objetivos rectores crear condiciones para un desarrollo sustentable, planteando un crecimiento con calidad, ecológicamente sustentable, que sea capaz de balancear la expansión económica y la reducción de la pobreza con la protección del ambiente.

De acuerdo al PND el crecimiento con calidad solo es posible si se considera responsablemente la necesaria interacción de los ámbitos económico y social con el medio ambiente y los recursos naturales. Se plantea la aplicación de nuevas tecnologías para la producción, así como políticas para inhibir el uso de técnicas y costumbres dañinas al medio ambiente. Los indicadores para evaluar los resultados obtenidos resultarán de la integración de información sobre el daño a la atmósfera, el consumo de energía, la pérdida de sistemas forestales y la tasa de conservación de acuíferos.

Se analiza en las siguientes líneas los diferentes instrumentos de planeación en los ámbitos federal, estatal y municipal, que se deben tomar en cuenta para identificar las políticas, criterios y normas ambientales aplicables al proyecto minero.

III. 1 Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006 (PNMARN)

El PNMARN tiene como propósito principal satisfacer las expectativas de cambio de la población, construyendo una nueva política ambiental consistente con los grandes lineamientos del PND. Se destacan en el PNMARN el manejo integral de cuencas hidrológicas para propósitos de planeación y gestión ambiental.

Entre los programas estratégicos del PNMARN se plantean los siguientes:

- Detener y revertir la contaminación de los sistemas que sostienen la vida (agua, aire, suelos)
- Detener y revertir la pérdida de capital natural
- Conservar los ecosistemas y biodiversidad
- Promover el desarrollo sustentable

III.2 Planes de ordenamiento ecológico del territorio

En el estado de Chihuahua 20 de los 67 municipios cuentan con algún tipo de estudio de ordenamiento ecológico, dentro de planes regionales. El Municipio de Madera no se ha incluido a la fecha en ningún Plan de este tipo.

Los planes de ordenamiento ecológico en el estado de Chihuahua que se han elaborado y se encuentran todavía en revisión, por lo que no se han decretado oficialmente son:

Ordenamiento Ecológico de la Región Frontera Norte. Comprende los estados de la franja fronteriza. En Chihuahua abarca los municipios de Janos, Ascensión, Juárez, Guadalupe, Práxedes G. Guerrero, Ojinaga y Manuel Benavides.

Ordenamiento Ecológico de la Región de Parral. Comprende los municipios de Hidalgo del Parral, Santa Bárbara, San Francisco del Oro y Matamoros.

Ordenamiento Ecológico Territorial del Área de Médanos de Samalayuca. Comprende el municipio de Juárez.

Ordenamiento Ecológico de Barranca del Cobre. Está ubicado en los municipios de Batopilas, Bocoyna, Guachochi, Chinipas, Maguarichi, Guazapares, Ocampo, Urique y Uruachi.

III.2.2 Areas naturales protegidas

El proyecto Dolores no se encuentra dentro ni colinda con alguna área natural protegida. El área natural protegida mas cercana es el Area de Protección de Flora y Fauna Tutuaca cuyo límite norte se localiza a aproximadamente 27 km al Sur del proyecto Dolores, y cruza por los municipios de Carichi, Bocoyna, Guerrero y Ocampo. Ver figura III.1.

Otras áreas naturales protegidas en la región del proyecto son El Área de Protección de Flora y Fauna Papigochi, cuyo vértice mas cercano al proyecto está a aproximadamente 70 km al SE del mismo; El Parque Nacional Cascada de Basaseachic que está a 85 km al SE y La Mesa del Campanero, en el estado de Sonora, a 78 km al SW.

La Organización Naturalia en alianza con el grupo Norteamericano The Wildlands Project han emprendido el proyecto "Identificación de áreas prioritarias para la conservación, corredores y zonas de amortiguamiento en el norte de la Sierra Madre Occidental y las tierras adyacentes". Ambas organizaciones están trabajando para lograr la conservación de más de 32 áreas que sobresalen por su buen estado de conservación en el noroeste de Chihuahua. Uno los proyectos concretos es el de Cebadilla que es uno de los pocos sitios que quedan para la crianza de la cotorra serrana occidental (*Rhynchopsitta pachyryncha*), se incluyen las localidades de Cebadillas y Yahuirachi, en el ejido Tutuaca, municipio de Temosachi, Chihuahua.

El desarrollo del proyecto Dolores no interferirá con los planes o programas de manejo de estas áreas naturales protegidas.

Figura III.1 Áreas Naturales protegidas en la región

III.2.3 Regiones hidrológicas prioritarias

El área donde se desarrollará el proyecto Dolores cae dentro de la Región Hidrológica Prioritaria 016 Río Yaqui-Cascada de Basaseachic que abarca una extensión de 54,716 km² (Arriaga, et al, 1998). La problemática asociada a esta región hidrológica se deriva principalmente de lo siguiente:

- Modificación del entorno: construcción de presas y sistemas hidráulicos para control de avenidas, generación de energía eléctrica y riego, explotación forestal, sobrepastoreo y construcción de carreteras. Desmontes y desvío de corrientes. Desertificación en algunas zonas. Desarrollo turístico en la parte alta de la cascada de Bassaseachic.
- Contaminación: por abuso de agroquímicos en la planicie costera, desechos mineros en los altos, uso de herbicidas en campañas antinarcóticos, descargas domésticas y residuales.
- Uso de recursos: especies introducidas de carpa dorada *Carassius auratus*, matalote *Carpoides carpio*, lirio acuático *Eichhornia crassipes*, bagre azul *Ictalurus furcatus*, mojarra *Lepomis megalotis*, lobina negra *Micropterus salmoides*, trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, tilapia azul *Oreochromis aureus* y rana *Rana catesbeiana*. Caza furtiva y extracción de leña.

Por los criterios de diseño y operación de las obras y el polígono a afectar por el proyecto minero, no se considera que se contribuya a la afectación de esta región hidrológica prioritaria.

III.2.4 Regiones terrestres prioritarias

La CONABIO, PRONATURA y otros organismos internacionales para la conservación del medio ambiente, realizaron en 1996 y en 1999 talleres y reuniones para identificar regiones prioritarias terrestres en México, resultando en 151 regiones prioritarias. El proyecto minero Dolores no se localiza ni colinda con ninguna región terrestre prioritaria.

Una de las zonas propuestas en la región del proyecto es Bassasiachic, que abarca los municipios de Guerrero, Moris, Ocampo y Temosachi.

La región Bassasiachic se considera prioritaria debido a la existencia de bosques de coníferas y mesófilos, así como numerosos endemismos. Dentro de sus límites se localiza el Parque Nacional Cascadas de Bassasiachic, cuya caída de agua es la de mayor altura en México.

III.2.5 Planes y programas de desarrollo urbano estatales y municipales

El Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Chihuahua 2004-210 (PEDCH), plantea un nuevo modelo de desarrollo con una visión a largo plazo y que propicie el equilibrio entre las distintas regiones del estado, mediante el establecimiento de cadenas productivas, de distribución y financiamiento, con el objetivo de arraigar a la población en sus comunidades y promover tanto el crecimiento económico como el desarrollo regional.

Se dice en el PEDCH que el sector agropecuario y forestal contribuye de manera importante en el producto interno bruto (PIB) del estado, mientras que la industria maquiladora ha experimentado un descenso por la desaceleración económica de los Estados Unidos de América lo que ha provocado un exceso en la capacidad de producción de este sector con la consecuente disminución de empleos.

En cuanto a la minería, se destaca en el PEDCH que el estado de Chihuahua se destaca por su tradición minera. Se han otorgado a la fecha 2,765 concesiones mineras que abarcan una superficie de 1.3 millones de hectáreas.

Actualmente Chihuahua ocupa el primer lugar a nivel nacional en la producción de plomo con 65,000 ton, segundo lugar en zinc con 110,000 ton, tercer lugar en plata con 301 ton y décimo lugar en oro con 257 kg. Se menciona que tres grandes yacimientos de oro se consolidarán en el mediano plazo: Ocampo, Terrazas y Dolores, en los municipios de Ocampo, Chihuahua y Madera, respectivamente.

La gran minería se desarrolla actualmente en Naica, Santa Bárbara, Santa Eulalia, San Francisco del Oro, Ascensión, La Perla y El Sauzal.

El Plan Municipal de Desarrollo de Madera 2001-2004 (PMDM), establece entre sus objetivos el reactivar la actividad económica para crear más empleo, impulsando las actividades productivas de los sectores agropecuarios, forestales, piscícolas, entre otros.

En materia de minería se propone buscar formas de aprovechamiento óptimo y racional del recurso mineral y brindar el apoyo para la exploración y explotación con el fin de incorporar yacimientos minerales al desarrollo económico. Buscando la organización de la pequeña minería.

Se menciona en el PMDM que uno de los problemas que afronta el sector agropecuario es el derivado por la sequía en los últimos años, lo que ha traído como consecuencia una considerable baja en el inventario ganadero, superficies sin sembrar e incendios forestales. Esto se ha traducido en un mínimo crecimiento económico del municipio por lo que se enfrenta un grave problema de desempleo.

El giro productivo más importante en el municipio lo constituyen los aserraderos y la poca o nula vocación de los productores agropecuarios en industrializar sus productos.

III.3 Análisis de los instrumentos normativos

Las principales leyes y reglamentos, en materia ambiental, que regirán el desarrollo del proyecto minero Dolores son:

Leyes:

- o La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente constituye en este caso el principal instrumento legal para evaluar la actividad minera. Por su naturaleza, este giro industrial corresponde al ámbito federal en materia de impacto ambiental. Los capítulos de la LGEEPA que tienen injerencia incluyen:

Evaluación del Impacto Ambiental, Aprovechamiento Sustentable del Suelo y sus Recursos, Prevención y Control de la Contaminación del Suelo, Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera y Materiales y Residuos Peligrosos.

El espíritu de una manifestación de impacto ambiental, es contemplar y prevenir los impactos al ambiente desde la etapa de planeación del proyecto. Para el caso del presente proyecto se utilizó los puntos de la guía sectorial para minería, modalidad particular.

- o La Ley de Aguas Nacionales. Es otro instrumento legal que regula las actividades de esta unidad minera en lo referente a usos y descargas de aguas en cuerpos de agua o bienes nacionales.
- o La Ley de armas de fuego y explosivos. Que regula todas las actividades relacionadas al uso y manejo de explosivos en las obras mineras.
- o La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Que aplica en caso de realizar desmontes o requerir cambios de uso de suelo en terrenos forestales, para ampliaciones o nuevos desarrollos mineros.
- o La Ley General para la Gestión Integral de Residuos. Publicada el 8 de octubre del 2003.

Otro instrumento jurídico que debe considerarse es:

Código Penal Federal y Federal de procedimientos penales. Reformas publicadas el 6 de febrero del 2002, en relación a los delitos ambientales.

Reglamentos:

Los siguientes reglamentos de la Ley General del equilibrio ecológico y Protección al ambiente son aplicables a este proyecto minero;

- Reglamento en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (Versión actualizada en mayo del 2000). Que determina los requerimientos e información que se debe presentar para las evaluaciones de impacto ambiental de proyectos de jurisdicción federal.
- Reglamento de Residuos Peligrosos. Que establece las disposiciones ambientales relacionadas con la generación, almacenamiento, transporte y entrega de los residuo peligrosos.
- o Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. Que establece las disposiciones y trámites necesarios para el control de las emisiones contaminantes al aire ambiente.

- o Reglamento en Materia de Auditoria Ambiental (DOF 29/XI/2000).

Otros reglamentos aplicables:

Reglamento de La Ley de Aguas Nacionales

Reglamento de La Ley Forestal

Normas Oficiales Mexicanas:

Las principales normas oficiales mexicanas, en materia ambiental, aplicables a este proyecto minero son:

En materia de agua:

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Que establece los criterios ecológicos de calidad del agua, con base en los cuales la autoridad competente podrá calificar a los cuerpos de agua como aptos para ser utilizados como fuente de abastecimiento de agua potable, en actividades recreativas, para riego agrícola, para uso pecuario, en la acuicultura o para protección de la vida acuática.

Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Que establece los límites permisibles de calidad y tratamiento a que debe someterse el agua para su potabilización.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-CNA-1996. Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.

Norma Oficial Mexicana NOM-006-CNA-1997. Fosas sépticas- Especificaciones y métodos de prueba.

Norma Oficial Mexicana NOM-007-CNA-1997. Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques de agua

Norma Oficial Mexicana NOM-008-CNA-1998. Regaderas empleadas en el aseo corporal. Especificaciones y métodos de prueba.

Norma Oficial Mexicana NOM-009-CNA-2001. Inodoros para uso sanitario. Especificaciones y métodos de prueba.

En materia de residuos peligrosos, urbanos y de manejo especial.

Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993. Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y el listado de los residuos peligrosos.

Norma Oficial Mexicana NOM-053-SEMARNAT-1993. Establece los procedimientos para llevar a cabo la prueba de extracción (PECT) para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993. Establece los procedimientos para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma NOM-053-ECOL-1993.

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Que establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño y construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

En materia de flora y fauna:

Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2002. Protección Ambiental- Especies Nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo.

En materia de suelo:

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2001. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.

Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2005. Límites máximos de hidrocarburos en suelos y las especificaciones par su caracterización y remediación. .

En materia de ordenamiento ecológico e impacto ambiental

Norma Oficial Mexicana NOM-120-SEMARNAT-1997. Establece las especificaciones de protección ambiental para las actividades de exploración minera directa, en zonas con climas secos y templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinos.

Norma Oficial Mexicana NOM-113-SEMARNAT-1998. Establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas.

Norma Oficial Mexicana NOM-114-SEMARNAT-1998. Que establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios turísticos.

En materia de aire:

Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-1993. Establece los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

Norma Oficial Mexicana NOM-043-SEMARNAT-1993. Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-1999. Características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

Norma Oficial Mexicana NOM-085-SEMARNAT-1994. Establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos de dióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo. Para fuentes fijas que utilicen combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos, o cualquiera de sus combinaciones.

Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-1994. Establece las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles.

Norma Oficial Mexicana NOM-024-SSA1-1993. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas suspendidas totales (PST). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales en aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas menores de 10 micras (PM-10). Valor permisible para la concentración de partículas menores a 10 micras en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

Norma Oficial Mexicana NOM-026-SSA1-1993. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al plomo (Pb). Valor normado para la concentración de plomo en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

En materia de ruido

Norma Oficial Mexicana NOM-081-SEMARNAT-1994. Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas y su método de medición.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA AMBIENTAL Y SEÑALAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DETECTADA EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Inventario Ambiental

El sistema ambiental del área de estudio fue demarcado tomando en consideración diversos factores, entre los que se encontraban las particularidades de las obras mineras que se planea desarrollar, las características del medio natural y la interacción de las actividades mineras con el entorno natural. Entre los elementos del entorno natural considerados se encuentran los biológicos, climáticos, edafológicos, geológicos y geomorfológicos así como sus implicaciones socio-ambientales.

El sobrepastoreo constituye la principal problemática ambiental detectada en el área, pues los habitantes de la localidad de Dolores, y en general de la zona, tienen entre su principal actividad la crianza de ganado vacuno, equino y caprino. En menor medida, también cultivan pequeñas parcelas de tierras de temporal. Estas actividades se dan en un terreno de alta pendiente y que presenta suelos someros, factores que, en combinación, propician la generación de deslizamientos y pérdida de la cubierta vegetal.

IV.1 Delimitación del área de estudio

El área de estudio comprende un polígono regular de extensión territorial suficiente para abarcar las obras mineras y otras de apoyo que se desarrollarán, tales como caminos, área de planta, terreros y patios de lixiviación entre otras, es decir, todas aquellas que implicarán un cambio directo o indirecto al terreno.

a) Dimensiones del proyecto (distribución de obras y actividades, sean principales, asociadas o provisionales, sitios para la disposición de desechos).

Las obras mineras y de apoyo cubrirán una superficie de 522.75 ha. Esto se eleva a 594.83 has si se considera toda aquella área ubicada entre las obras. Para efectos del proyecto, existen convenios con el ejido Huizopa y sus parcelarios, propietarios del terreno, para la ocupación temporal de la superficie requerida.

El campamento de exploración actual, punto de referencia para el proyecto, se ubica en las coordenadas UTM 12R 738,344 E y 3,209,795 N (NAD 27), mientras que las del polígono envolvente de las obras mineras utilizado en el presente trabajo se presentan en la tabla siguiente:

| Punto | Coordenadas Geográficas | | Coordenadas UTM | |
|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| | Latitud N | Longitud W | E | N |
| 1 | 29° 01' 5.4" | 108° 34' 8.8" | 736,769 | 3,212,259 |
| 2 | 29° 01' 0.5" | 108° 29' 43.4" | 743,955 | 3,212,259 |
| 3 | 28° 57' 49.9" | 108° 34' 13.6" | 736,769 | 3,205,960 |
| 4 | 28° 57' 36.01" | 108° 29' 48.35" | 743,955 | 3,205,960 |

El proyecto consistirá de la explotación de un yacimiento de oro y plata mediante un minado convencional a cielo abierto y beneficio mediante la lixiviación estática de montones con una solución de baja concentración de cianuro, recuperándose los valores mediante precipitación con zinc por el método de Merrill-Crowe.

Las obras mineras a desarrollar son: tajo, patio de lixiviación, área de proceso y cuatro terreros, además de la infraestructura de soporte entre las que se encuentran caminos, áreas de maniobras, polvorín y obras de desvío de agua. Para las operaciones a cielo abierto se empleará equipo estándar como son perforadoras, palas hidráulicas, cargadores

frontales, tractores tipo Bulldozer y camiones hidráulicos de alto tonelaje para el acarreo del material estéril y mineral.

b) factores sociales.

La única comunidad en la zona del proyecto lo representa el poblado Mineral de Dolores que cuenta con 258 habitantes según información proporcionada por el INEGI relativa al censo del 2000. Se ubica en el extremo Sur de lo que será el tajo a desarrollar para extraer el mineral de subsuelo. Dentro del área seleccionada para estudio también se ubica la pequeña comunidad de Arroyo Amplio en la que moran 17 pobladores. Se localiza aproximadamente a 2.8 km en línea recta al SW del Mineral de Dolores.

No existen otras comunidades en las inmediaciones del proyecto. La siguiente localidad cercana se encuentra a 5.7 km, al SE, correspondiendo al rancho La Palmita en el cual solamente se registra un habitante. Todos los sitios mencionados pertenecen al municipio de Madera cuya cabecera, la Ciudad de Madera, dista en línea recta 45 km hacia el NE del proyecto, pero por el camino de terracería actualmente existente significan 90 km. De acuerdo al INEGI, 14,810 personas constituyen la población de la capital municipal.

c) Rasgos geomorfológicos, hidrográficos, meteorológicos y tipos de vegetación.

El área de estudio abarca el área suficiente para comprender todos los rasgos y elementos naturales que permiten analizar la interacción de las actividades del proyecto con el sistema natural y, de esta forma, establecer todas aquellas medidas y acciones para preservar la biodiversidad y los ecosistemas.

Se representan la variedad de rasgos fisio-geomorfológicos que caracterizan a esta parte de la Sierra Madre Occidental, como son acantilados, cañones, valles en V, partes altas planas tipo mesetas, y sierras altas. Además, se enmarcan los elementos hidrográficos que permiten visualizar la interrelación de las actividades mineras con las aguas superficiales y las subterráneas como son las corrientes principales, como el río Tutuaca y el arroyo El Chabacán, así como las microcuencas en las que habrá algún tipo de influencia. El marco climático en la zona está fuertemente gobernado por la topografía en cuanto a su relación con la altitud, la cual varía en el área de estudio seleccionada, de los 1,020 m.s.n.m. en el río Tutuaca hasta los 2,060 m.s.n.m. en el SE. Los tipos de vegetación presentes corresponden a bosques de encino y matorral subinerme nopaleras en los que se encuentra pastizal inducido. El proyecto no se encuentra dentro de alguna reserva natural o zona de protección.

d) Tipo, características, distribución, uniformidad y continuidad de las unidades ambientales (ecosistemas)

El análisis de los parámetros y elementos del medio físico (clima, geología, geomorfología, edafología e hidrología), biológico (flora y fauna) y socioeconómico del área permite establecer la presencia de una sola unidad ambiental en la que incidirá la mayor parte del proyecto y otra en la que habrá una influencia menor.

e) Usos de suelo permitidos por el Plan de Desarrollo Urbano o Plan Parcial de Desarrollo aplicable para la zona.

No existen elementos detallados de planificación del desarrollo para la región del proyecto. El gobierno municipal emite un Plan Municipal de Desarrollo que es de carácter muy general y que, aparte del diagnóstico y otros antecedentes municipales, solamente establece objetivos, estrategias y líneas de acción generales para la activación socioeconómica.

IV.2 Caracterización del sistema ambiental

IV.2.1. Aspectos abióticos

El Mineral de Dolores se encuentra ubicado, según el esquema fisiográfico del INEGI, en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte que se caracteriza por el predominio de sierras altas. A una altura aproximada de 1,500 m.s.n.m., la actual comunidad del Mineral de Dolores se enclava en una barranca local, excavada por el arroyo conocido como El Chabacán y su red de tributarios, la cual desemboca en el río Tutuaca. Las alturas de los elementos topográficos que conforman la barranca en cuestión llegan a alcanzar, los más altos, los 2,080 m.s.n.m., mientras que el nivel más bajo se encuentra en el citado río, a los 1,060 m.s.n.m.

A Clima

Diversas fuentes (v.g. INEGI, 1981a y 1999) muestran una estación climatológica en las inmediaciones del Mineral de Dolores. Con el propósito de obtener los datos de dicha estación para efecto de caracterizar las condiciones climáticas del lugar, se solicitó el apoyo de las Delegaciones Sonora y Chihuahua de la Comisión Nacional de Agua. Sin embargo, en ambas instancias se informó que la estación en cuestión dejó de operar hace ya muchos años por lo que no cuentan con los registros de la misma.

En consecuencia, se tuvo que recurrir a otras estaciones cercanas disponibles, pudiendo obtenerse solamente datos aprovechables de las denominadas La Guadalupe, Tres Ojitos, Campo 4, Madera y El Poleo, cuyas ubicaciones y distancias al proyecto minero se muestran en la tabla IV.1. La CNA proporcionó los datos de lluvia y temperatura de las últimas cuatro mientras que los de La Guadalupe, que es la única ubicada en el estado de Sonora, fueron tomados del Sistema de Información Climática (SICLIM, versión 1) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Tabla IV.1 Estaciones climatológicas cercanas al proyecto.

| Estación (nombre / número) | Latitud (N) | Longitud (W) | Altitud (m.s.n.m) | Distancia aprox. al sitio del proyecto |
|-------------------------------|-------------|--------------|----------------------|---|
| La Guadalupe / 26049* | 28° 58' | 108° 43' | 750 | 16.6 km |
| Tres Ojitos / 8146 | 28.9° | 108.5° | 2,600** | 11.6 km |
| Campo 4/ 8016 | 29.15° | 108.2° | 2,450** | 38.1 km |
| Madera / 8097 | 29.2° | 108.1° | 2,092** | 49.3 km |
| El Poleo / A3905*** | 28° 24' | 108° 28' | 2,300 | 66.5 km |

* Número de estación, datos, ubicación y altitud tomados del SICLIM.

** Altitud tomada del SICLIM; datos y ubicación proporcionados por la CNA.

*** Toda la información (incluyendo coordenadas) proporcionada por la CNA.

Las variables climatológicas obtenidas de la CNA de las estaciones Tres Ojitos, Campo 4, Madera y El Poleo, para los períodos 1961-1985, 1969-1985, 1961-1985 y 1962-1990 respectivamente, consistieron de los valores diarios de temperatura (T) media, T máxima y T mínima así como de precipitación. Por su parte, estas variables para la estación La Guadalupe tomadas del SICLIM fueron para el período 1961-1990. Las medias mensuales y anuales determinadas se presentan en la tabla IV.2 siguiente, mientras que los climogramas correspondientes se muestran en la figura IV.1. Por razones que se expresan más adelante, se considera que la estación La Guadalupe muestra condiciones climáticas más afines con las del Mineral de Dolores y, por lo tanto, se utiliza para caracterizar sus características climatológicas.

Tabla IV.2 Temperatura y precipitación medias mensuales y anuales de las estaciones cercanas al proyecto.

| a) Temperatura (°C) | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| Estación | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | anual |
| La Guadalupe | 5.2 | 6.3 | 10.1 | 16.0 | 21.5 | 26.3 | 24.2 | 22.6 | 21.2 | 15.8 | 9.1 | 5.7 | 15.3 |
| Tres Ojitos | -0.2 | 0.4 | 2.2 | 6.4 | 10.6 | 14.0 | 13.3 | 12.7 | 11.0 | 7.3 | 3.7 | 0.6 | 6.8 |
| Campo 4 | -0.3 | 0.2 | 3.4 | 7.9 | 12.8 | 16.2 | 14.8 | 13.8 | 12.3 | 7.4 | 3.3 | -0.1 | 7.7 |
| Madera | -1.6 | -0.5 | 2.4 | 7.0 | 11.5 | 15.8 | 15.8 | 14.4 | 12.2 | 7.5 | 2.3 | -1.0 | 7.2 |
| El Poleo | 3.5 | 4.5 | 5.8 | 9.3 | 12.6 | 16.3 | 16.6 | 16.2 | 14.8 | 11.4 | 7.0 | 4.1 | 10.2 |
| b) Precipitación (mm) | | | | | | | | | | | | | |
| Estación | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | anual |
| La Guadalupe | 34.7 | 25.7 | 15.0 | 6.2 | 4.4 | 42.2 | 182.1 | 144.1 | 65.5 | 34.4 | 23.5 | 34.0 | 613.0 |
| Tres Ojitos | 58.9 | 46.1 | 39.0 | 15.6 | 19.7 | 69.9 | 218.6 | 221.8 | 128.8 | 53.8 | 55.2 | 55.1 | 982.6 |
| Campo 4 | 63.8 | 31.2 | 34.0 | 15.1 | 17.5 | 53.7 | 181.2 | 151.1 | 105.0 | 45.3 | 38.6 | 53.2 | 789.6 |
| Madera | 55.4 | 31.1 | 29.3 | 17.4 | 16.0 | 41.8 | 165.4 | 138.2 | 96.6 | 45.1 | 38.1 | 48.0 | 722.4 |
| El Poleo | 82.8 | 72.0 | 59.4 | 22.2 | 17.5 | 51.1 | 232.8 | 213.9 | 127.8 | 77.5 | 58.5 | 106.5 | 1096.9 |

De los datos de la tabla IV.2 y los climogramas de la figura IV.1, se aprecia claramente que la estación La Guadalupe registró condiciones climáticas de mayor temperatura y menor precipitación que el resto de las estaciones, las cuales son muy semejantes entre si. Esto se visualiza mejor en las figuras IV.2 y IV.3 correspondientes a graficas de las temperaturas medias y precipitación media mensual.

Otro aspecto evidente a partir de las mismas es que en todas son semejantes las marchas anuales tanto en la temperatura como en la precipitación, resultando que: (1) el mes más frío es enero; (2) el mes más caliente es junio; (3) la temporada de lluvias es en verano; (4) el mes más lluvioso es julio; (5) los meses donde sucede mayor precipitación son de julio a octubre; (6) en noviembre la cantidad de lluvia desciende para incrementarse nuevamente en diciembre; y, (7) los meses más secos son abril y mayo.

Esta semejanza en las marchas reflejan el hecho de que todas las estaciones pertenecen a una misma región mientras que las diferencias en T y P de La Guadalupe y el resto de las estaciones sugieren una correlación a condiciones más locales como puede ser las diferencias entre ellas en lo que se refiere a elevación sobre el nivel del mar. La Guadalupe se encuentra a 750 m.s.n.m. mientras que todas las demás se ubican bien por encima de los 2000 m.s.n.m.

Tipo de clima

Las mayores temperaturas y menor precipitación en La Guadalupe evidentemente indican un clima diferente al de los sitios de las otras estaciones. Esto, aunado al hecho de la carencia de datos para la antigua estación climatológica que existió en el Mineral de Dolores, hacen necesario determinar cual es más aplicable al lugar donde se desarrollará el proyecto minero. Al respecto, por las razones que se exponen más adelante, se concluyó que la información climatológica de La Guadalupe es la que más se asemeja a las condiciones en el área de interés. La clasificación del clima se realizó con base en el sistema de Köppen modificado por Enriqueta García (García, s/f). Los principales elementos climáticos y el tipo de clima resultante para cada estación se muestran en la tabla IV.3. Si bien todos corresponden al grupo climático templado dentro de los subhúmedos, las diferencias estriban en que las estaciones Tres Ojitos, Campo 4, Madera y El Poleo corresponden al subgrupo de los semifríos (Cb') mientras que el clima de La Guadalupe es más cálido. Además, en cuanto a su régimen de humedad se tiene que esta última estación presenta el tipo más seco de los subhúmedos mientras que el otro grupo de estaciones es lo opuesto, es decir, el más húmedo de los subhúmedos además de presentar un porcentaje de precipitación invernal mayor.

Figura IV.1 Climogramas para las estaciones en las cercanías del proyecto minero Dolores.

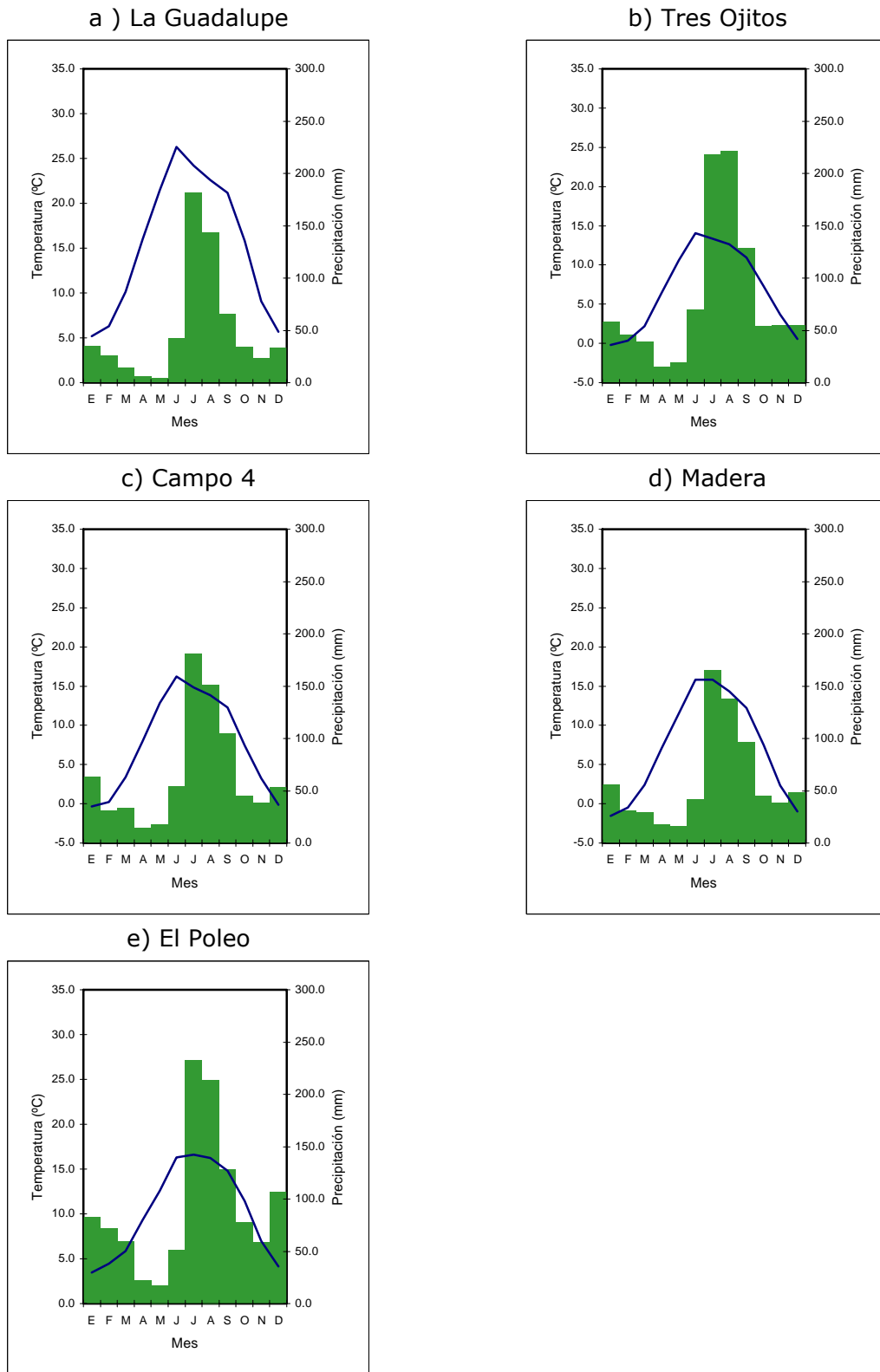


Figura IV.2 Temperaturas medias mensuales en las estaciones consideradas.

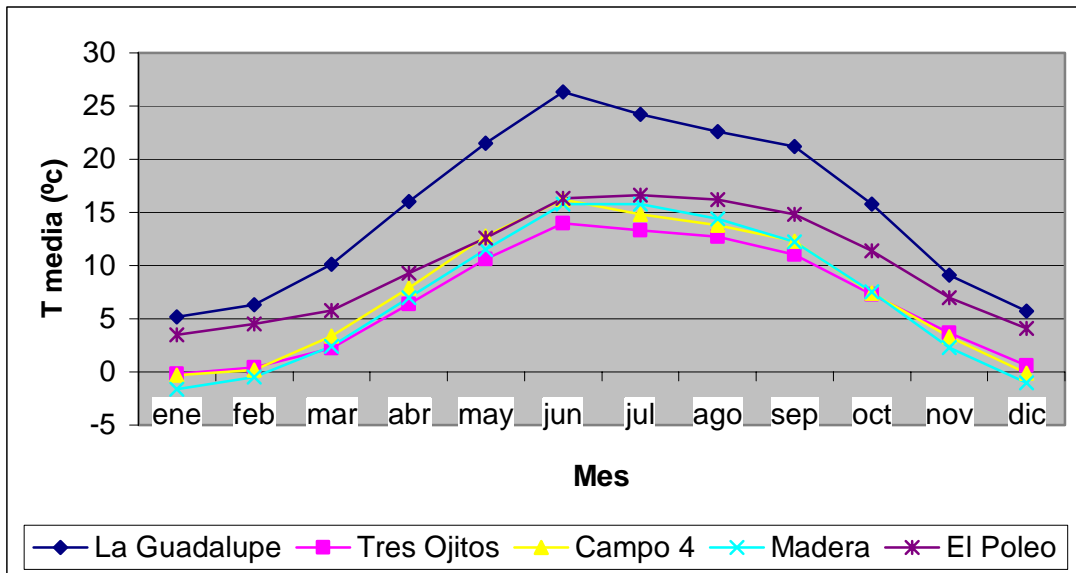
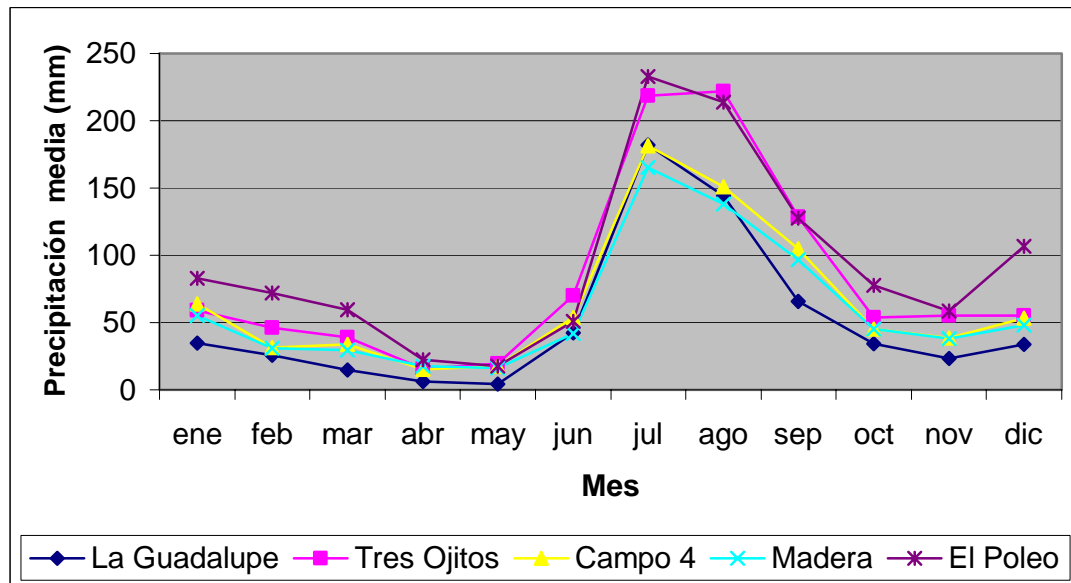


Figura IV.3 Precipitación media mensual en las estaciones consideradas.



| Estación | Temperatura (°C) | | Precipitación | | P/T | Tipo de clima |
|--------------|------------------|------------|---------------|------------|-------|--------------------|
| | Media | Oscilación | Media | % invernal | | |
| La Guadalupe | 15.3 | 21.1 | 613.0 | 12.3 | 50.1 | $C(w_0)(x')a(e')$ |
| Tres Ojitos | 6.8 | 14.3 | 982.6 | 14.7 | 144.0 | $Cb'(w_2)(x')(e)$ |
| Campo 4 | 7.7 | 16.5 | 789.6 | 16.3 | 103.0 | $Cb'(w_2)(x')(e')$ |
| Madera | 7.2 | 17.4 | 722.4 | 16.0 | 101.0 | $Cb'(w_2)(x')(e')$ |
| El Poleo | 10.2 | 13.1 | 1096.9 | 19.5 | 107.8 | $Cb'(w_2)(x')(e)$ |

Si bien la estación Tres Ojitos está más cercana (tabla IV.1) al Mineral de Dolores, se considera que el tipo de clima determinado para La Guadalupe es el que se asemeja más al del sitio del proyecto minero puesto que es más consistente con el tipo de vegetación del área y a que es un clima "típico" de esta parte de la Sierra Madre Occidental.

Sin embargo, las fuentes publicadas indican un clima un poco más húmedo para la antigua estación denominada Dolores o Mineral de Dolores la cual no se ubicó exactamente en la actual comunidad. Como se observa en la tabla IV.4, Enriqueta García reporta en la segunda parte de su trabajo de modificación del sistema de Köppen, una estación 08-023 Dolores con tipo de clima templado subhúmedo, con lluvias en verano, porcentaje de precipitación invernal inferior al 10.2 y de régimen de humedad media (w_1). Es decir, más húmedo que en La Guadalupe que corresponde, como ya se mencionó, al subtipo menos húmedo (w_0) de los templados. Esto es consistente con los valores que presenta de la temperatura y precipitación medias anuales superiores a los de La Guadalupe (tablas IV.4 y IV.2).

Por otra parte, las coordenadas (tabla IV.4) que reporta dicha autora ubican a la estación Dolores aproximadamente a 16 km al SSE del lugar del proyecto minero y a una elevación mucho mayor (1,926 m vs 1,500 del actual poblado). Sin embargo, en la Carta Climatológica La Paz (INEGI, 1981) la estación 08-023 aparece inmediatamente al NW del Mineral de Dolores, aunque en una zona del mismo tipo de clima, esto es $C(w_1)(x')$. Por lo tanto, esto abre dos posibilidades: (1) existe un error en la ubicación de la estación ya sea por parte de E. García o por parte del INEGI; o, (2) la estación se localizó en dos lugares distintos en épocas diferentes.

La ubicación de la Carta de Climas Tijuana es más concordante con la establecida en el Estudio Hidrológico del Estado de Chihuahua (INEGI, 1999) para la estación Mineral de Dolores, que si bien aparece con una clave distinta (67C), sus coordenadas (tabla IV.4) indican que se estableció en un lugar a casi 2 km al NW de la actual comunidad y dentro del polígono que delimita el área del proyecto minero. Si bien en el estudio hidrológico (INEGI, 1999) en cuestión no se establece el tipo de clima para esa estación, la temperatura media anual y la precipitación media anual que proporciona (tabla IV.4) son muy semejantes a los expresados por E. García (tabla IV.4), por lo que se infiere un mismo tipo de clima.

| Estación (nombre / número) | Latitud (N) | Longitud (W) | Altitud (m.s.n.m) | Temp. media anual | Precip. media anual | Tipo de clima | Fuente |
|----------------------------|-------------|--------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------------------|
| Dolores/ 08-023 | 28° 52' | 108° 28' | 1,926 | 17.6 | 845.1 | $C(w_1)(x')a(e')$ | Enriqueta García (s/f) |
| Mineral de Dolores/ 67C | 29°00' | 108° 33' | n/e | 17.63 | 862.56 | n/e | INEGI (1999) |

Lo anterior lleva concluir que el clima en el sitio del proyecto varía entre $C(w_1)(x')a(e')$ y $C(w_0)(x')a(e')$ esperando encontrar el primero de ellos (humedad media) en las partes más altas y el segundo (humedad más baja) en las partes de elevación menor dentro del área de interés (fig. IV.4). Por otra parte, los lugareños expresan que con el paso del tiempo el clima ha variado a condiciones más secas. De ser esto un verdadero cambio climático, combinado con que la información de E. García es a lo más de los años 60's, entonces se esperaría que el clima sea subhúmedo con el tipo más seco, es decir, como en el caso de La Guadalupe, motivo por lo cual se utiliza esta última para caracterizar las condiciones en el sitio del proyecto. Las temperaturas medias extremas mensuales y anuales de esta última estación son mostradas en la tabla IV.5.

Fenómenos climatológicos (nortes, tormentas tropicales y huracanes entre otros eventos extremos)

En La Guadalupe, la temperatura mínima promedio anual es de 12 °C mientras que la máxima promedio anual es de 29.5 °C. Las temperaturas extremas mínimas y máximas por mes registradas en esta misma estación varían grandemente con respecto a estos valores promedios y reflejan lo extremo del clima, como se observa en los valores mostrados en la tabla IV.5.

Tabla IV.5 Temperaturas extremas en la estación La Guadalupe.

| a) Temperatura mínima (°C), valor mínimo registrado por mes. | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mes | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic |
| Año | 1974 | 1985 | 1971 | 1969 | 1970 | 1988 | 1986 | 1982 | 1985 | 1970 | 1979 | 1978 |
| Temperatura | -10.0 | -8 | -3.5 | 2 | 3.5 | 12.5 | 16 | 11 | 8.5 | 2 | -4 | -5 |
| b) Temperatura máxima (°C), valor máximo registrado por mes. | | | | | | | | | | | | |
| Mes | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic |
| Año | 1971 | 1979 | 1979 | 1989 | 1989 | 1987 | 1987 | 1987 | 1987 | 1987 | 1988 | 1970 |
| Temperatura | 32.5 | 35.5 | 39.5 | 40 | 44 | 48 | 50 | 46.5 | 49.5 | 50 | 39 | 33 |

El lugar donde se desarrollará el proyecto minero se encuentra fuera del área de influencia de las tormentas tropicales y ciclones generados en el Océano Pacífico. Por tal razón, los fenómenos meteorológicos de carácter más extremo que ocurren corresponden a las nevadas que se presentan en los meses más fríos del año.

Evaporación y evapotranspiración

De acuerdo a la información del SICLIM, el índice de humedad de La Guadalupe es de 0.43 mientras que la evaporación promedio anual es 1841.1 mm. Los promedios mensuales de la evaporación para el período entre 1961 y 1990 se aprecian en la tabla IV.6 siguiente.

Tabla IV.6 Evaporación promedio mensual en la estación La Guadalupe.

| Mes | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic |
|-------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Evaporación | 66.8 | 88.9 | 155.4 | 219.4 | 283.1 | 285.0 | 174.6 | 149.5 | 138.2 | 125.6 | 81.7 | 57.2 |

Ya que se carecen de datos de la evapotranspiración, ésta se calculó utilizando la fórmula de Turc (Campos Aranda, 1984; Monsalve Sáenz, 1999) siguiente:

$$\bar{E} = \frac{\bar{P}}{\left(0.9 + \frac{\bar{P}^{-2}}{[L(t)]^2}\right)^{0.5}}$$

Figura IV.4 Mapa de climas

Donde:

- \bar{E} : evapotranspiración media anual (mm)
 \bar{P} : precipitación media anual (mm)
 $L(t)$: $300+25t+0.05t$
 t : temperatura media anual (°C)

El valor determinado de esta forma para la estación La Guadalupe es de 459.5 mm. Esto es inferior a la precipitación media anual (613 mm) por lo que el balance hídrico es entonces positivo.

Lluvia máxima en 24 horas)

Si bien se determinó el evento de lluvia máxima en 24 horas con un período de retorno de 100 años para las estaciones incluidas en la tabla IV.1, se reporta aquí sólo la de la estación La Guadalupe en virtud de mostrar condiciones más semejantes a las que imperan en el sitio del proyecto.

Para este fin se utilizó la serie anual de máximos presentada en la tabla IV.7, la que muestra adicionalmente el período de retorno de cada uno de los eventos, calculado mediante la fórmula $Tr = (n+1)/m$ (Campos Aranda, 1984; Aparicio, 1999), donde:

- Tr= período de retorno en años
n= número de eventos en la serie
m= número de orden del evento, arreglados en forma decreciente.

Tabla IV.7 Eventos de lluvia máxima en la estación La Guadalupe y su período de retorno.

| No. de evento | año | lluvia máxima (mm) | Período de retorno (años) |
|---------------|------|--------------------|---------------------------|
| 1 | 1978 | 76 | 28.00 |
| 2 | 1986 | 74.00 | 14.00 |
| 3 | 1984 | 70.90 | 9.33 |
| 4 | 1964 | 63.00 | 7.00 |
| 5 | 1985 | 60.00 | 5.60 |
| 6 | 1967 | 59.20 | 4.67 |
| 7 | 1975 | 58.00 | 4.00 |
| 8 | 1961 | 56.00 | 3.50 |
| 9 | 1983 | 55.50 | 3.11 |
| 10 | 1972 | 55.40 | 2.80 |
| 11 | 1979 | 55.20 | 2.55 |
| 12 | 1974 | 54.20 | 2.33 |
| 13 | 1989 | 52.50 | 2.15 |
| 14 | 1987 | 51.00 | 2.00 |
| 15 | 1969 | 50.70 | 1.87 |
| 16 | 1968 | 49.20 | 1.75 |
| 17 | 1977 | 47.70 | 1.65 |
| 18 | 1973 | 46.50 | 1.56 |
| 19 | 1982 | 44.00 | 1.47 |
| 20 | 1970 | 43.20 | 1.40 |
| 21 | 1976 | 43.00 | 1.33 |

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

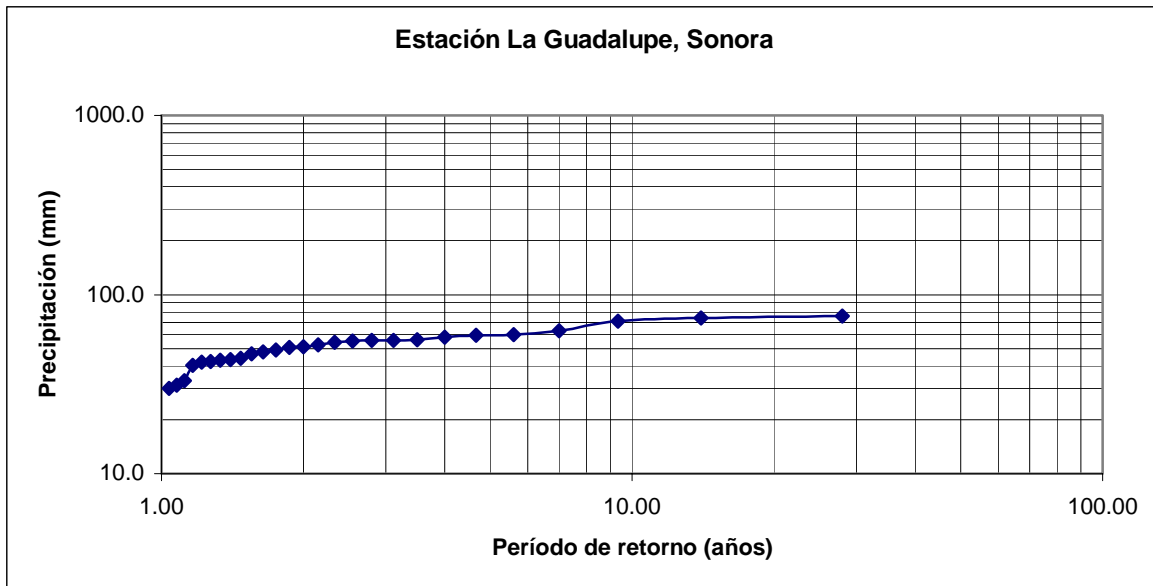
Descripción del sistema ambiental

| | | | |
|----|------|-------|------|
| 22 | 1971 | 42.40 | 1.27 |
| 23 | 1962 | 42.00 | 1.22 |
| 24 | 1980 | 40.20 | 1.17 |
| 25 | 1966 | 33.00 | 1.12 |
| 26 | 1981 | 31.20 | 1.08 |
| 27 | 1963 | 30.00 | 1.04 |

Esta serie de 27 años se derivó del intervalo comprendido entre 1961 y 1989, eliminándose aquellos años que presentaban repetición de los valores. Además, es necesario señalar que no todos los años contaban con los datos completos.

Con esta serie se elaboró la gráfica de precipitación máxima en 24 horas contra período de retorno mostrada en la figura IV.5. Los quiebres que se aprecian en este gráfico sugieren que no se trata de una serie normal y continua, lo cual se puede deber a inconsistencias en el levantamiento de los datos por distintas personas o cambio de ubicación de la estación en el intervalo de años considerados. Esto puede hacer que los resultados no sean confiables. Sin embargo, los registros de esta estación son los únicos que se pudieron obtener para un sitio cercano y de clima semejante al del área del proyecto.

Figura IV.5 Lluvia máxima en 24 horas y su período de retorno en La Guadalupe.



Si bien se esperarí una distribución normal en los valores de la precipitación, en virtud de la anomalía recién mencionada en la serie, se hicieron corridas con las funciones de distribución de probabilidad Gamma Incompleta (distribución de valores extremos tipo I), log-Pearson tipo III y Gumbel Simple e inclusive se intentó la gamma para dos poblaciones pero no fue aplicable.

La función que mostró el mejor ajuste a los datos fue la de Gumbel Simple (tabla IV.8 y figura IV.5) que se expresa como:

$$X = \bar{x} + \left(\frac{y - \bar{y}_n}{\sigma_n} \right) S$$

Donde:

x = Valor que se busca para un período de retorno dado.

\bar{x}, S = La media y la desviación estándar de la muestra respectivamente.

\bar{y}_n, σ_n = Constantes teóricas que dependen del tamaño n de la muestra.

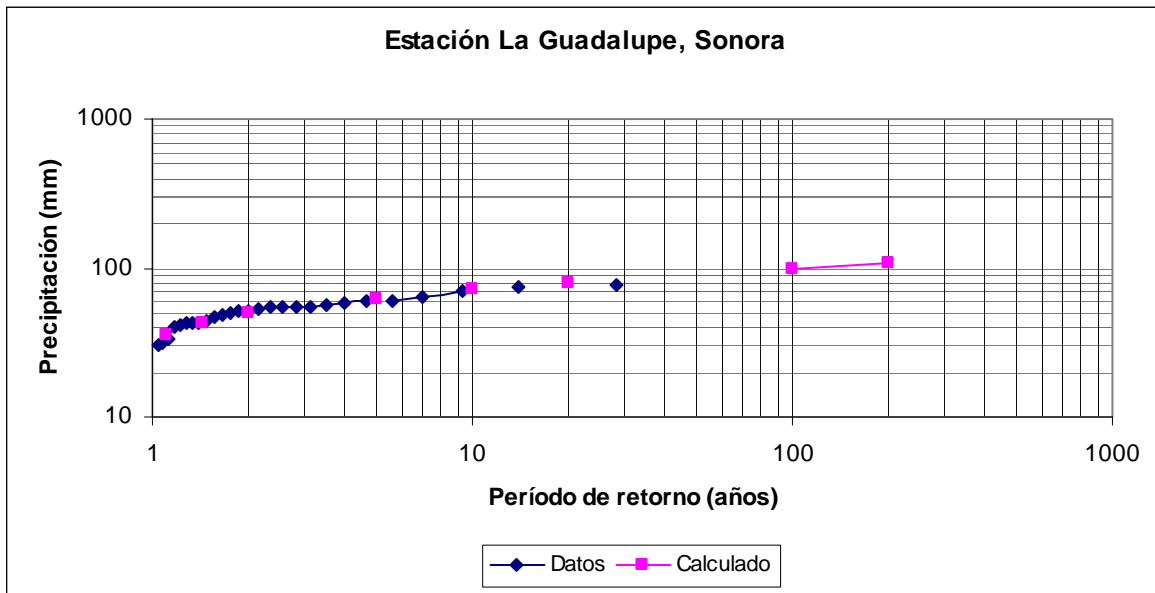
y = Variable reducida que es función de la probabilidad; se calcula con la fórmula:

$$Y = -\text{Ln}[-\text{Ln} P(X \leq x)]$$

Tabla IV.8 Eventos de lluvia máxima en 24 hrs. determinados mediante la función Gumbel Simple.

| Período de retorno (años) | Magnitud del evento (mm) |
|---------------------------|--------------------------|
| 200 | 107.24 |
| 100 | 99.06 |
| 20 | 79.90 |
| 10 | 71.44 |
| 5 | 62.62 |
| 2 | 49.30 |
| 1.429 | 42.82 |
| 1.11 | 35.14 |

Figura IV.6 Períodos de retorno de los eventos de lluvia máxima en 24 horas calculados y los de los datos de La Guadalupe, Sonora.



De esta forma, se determinó que el evento de lluvia máxima en 24 horas que tiene un período de retorno de 100 años corresponde a una precipitación de 99 mm. Como referencia, se manifiesta que en la estación Tres Ojitos este evento sería de 140.6 mm mientras que en Madera de 114.2 mm, en ambos casos calculado con la misma función Gumbel Simple. No se contó con datos para esta determinación para las estaciones Campo 4 y El Poleo.

Calidad del aire

No existen datos disponibles sobre la calidad del aire pero se considera que es buena considerando que: (1) la densidad de población es baja; (2) no existen industrias que emitan contaminantes; (3) los caminos de terracería, sobre todo en la zona serrana, no son abundantes y no permiten desarrollar velocidades para levantar cantidades considerables de polvo. Sin embargo, pudiera haber cierta aportación de polvo al aire por el levantamiento de partículas de zonas desprovistas de vegetación cuando los vientos sean fuertes.

B Geología y geomorfología

El Proyecto Minero de Dolores está enclavado en la provincia geológico-fisiográfica de la Sierra Madre Occidental, la cual estratigráficamente se caracteriza por estar conformada en su mayor parte por dos sucesiones volcánicas. La más antigua, referida por lo común como "Secuencia Volcánica Inferior", está compuesta principalmente por rocas extrusivas e intrusivas de carácter intermedio, mientras que la suprayacente "Secuencia Volcánica Superior" comprende rocas volcánicas y piroclásticas predominantemente de composición félsica.

Las edades reportadas para estas sucesiones son variadas. Para la Secuencia Volcánica Inferior se reportan edades que van de los 46 a los 35 m.a. (Overbay *et al.*, 2001), colocándola en el Eoceno Medio al Oligoceno Inferior. Sin embargo, también se han asignado a esta secuencia rocas intermedias de edad cretácica o laramídica (v.g. CRM, 1994), considerándose que su edad mínima es de 45 m.a., lo cual es una práctica no apropiada.

La Secuencia Volcánica Superior se compone de diversas litologías félsicas siendo la más notable el paquete ignimbrítico que ha dado renombre a esta provincia geológico-fisiográfica. Es sobreyacida por rocas sedimentarias continentales atribuidas a la Formación Báucarit, la cual forma mesetas con acantilados distintivos. Su principal litología son los conglomerados mismos que se intercalan con rocas volcánicas de composición máfica. Esta formación es a su vez sobreyacida por derrames basálticos del Terciario Superior.

En ventanas estratigráficas en la región, mas no en el área del proyecto, afloran rocas más antiguas que la Secuencia Volcánica Inferior. En la región de Guaynopa, ubicada aproximadamente a 45 km en línea recta al NNW de Dolores, se reporta una sucesión calcárea de origen marino asignada al Albiano-Cenomaniano (CRM, 1994). Igualmente, en la provincia afloran rocas asignadas al Triásico-Jurásico y que en la región de Ocampo, Chihuahua, que se localiza al SSE de Dolores, corresponde a las rocas sedimentarias de ambiente mixto conocidas como Formación Barranca, de amplia distribución en el vecino estado de Sonora, cuya característica distintiva es la presencia de horizontes con alto contenido de material carbonoso entre las areniscas y lutitas que típicamente la componen. Por otra parte, en la misma área se han reportado rocas esquistosas y gneisosas de supuesta edad Precámbrica así como cuerpos granitoides supuestamente correspondientes al batolito Cretácico Superior-Terciario Inferior (Laramídico) ampliamente distribuido en el occidente y noroeste del país.

Los rasgos estructurales dominantes en la región corresponden a fallas normales orientadas NW-SE a NNW-SSE, aunque ocurren otras de la misma naturaleza de orientación NE-SW así como E-W. Igualmente, se aprecian fallas y fracturas curvilíneas, de diversa escala, muy

probablemente ligadas a la actividad volcánica que dio origen a los rasgos dominantes en la provincia.

Características litológicas del área

En el sitio del proyecto afloran rocas pertenecientes a cuatro unidades litoestratigráficas. De antigua a joven, éstas son: Secuencia Volcánica Inferior, Secuencia Volcánica Superior, Formación Báucarit y un paquete de basaltos que constituyen la cima de la columna estratigráfica de la región.

La Secuencia Volcánica Inferior está constituida por dos paquetes de composición contrastante. En su parte inferior se encuentran rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición intermedia mismas que son concordantemente sobreyacidas por rocas volcanoclásticas y volcánicas de carácter félsico, principalmente de composición latítica. El paquete andesítico se constituye por derrames, brechas y tobas que buzan en forma suave, por lo común hacia el poniente. Toman un color de intemperismo café rojizo a verdoso claro (foto IV.1 y figura IV.7) y generan tofoformas con laderas de pendiente moderada a intermedia.



Foto IV.1 Secuencia Volcánica Inferior en la parte frontal y la Formación Báucarit en el plano medio.
(UTM 12R, X= 740,761 E, Y= 3,208,808 N; viendo al E Franco)

En ejemplar de mano, las andesitas presentan una textura afanítica aunque en ocasiones puede ser de grano muy fino y llegan a contener fenocristales de plagioclasa y minerales ferromagnesianos como la biotita y los piroxenos. Resaltando con las anteriores, en algunos casos se aprecian rocas con texturas francamente porfídicas. Su color típicamente varía entre el negro y el verde oscuro, aunque también se encuentran tonalidades claras y color marrón. Las brechas ocurren en distintos niveles de esta subunidad, mostrando variación en el tamaño de los clastos monolitológicos que la conforman así como en su nivel de redondez; la matriz es de composición andesítica.

La subunidad inferior es intrusionada por abundantes diques de composición latítica (foto IV.3) normalmente muy resistentes a la erosión, cuya composición indica una relación genética con las rocas de la parte superior de la unidad. Estos diques son muy distintivos y se conforman en un patrón trezado (figura IV.7). Otros cuerpos intrusivos de la unidad

corresponden a diques granodioríticos a riolíticos, cuerpos porfídicos andesíticos a latíticos y un cuello diorítico.

El paquete superior de la Secuencia Volcánica Inferior, como ya se mencionó, está compuesto principalmente por flujos y rocas volcanoclásticas de composición latítica. Estas últimas varían de tobas a brechas y son relativamente más abundantes. Están compuestas por fragmentos que varían en tamaño de lapilli a bloques en el caso de las brechas, las cuales son de composición monolitológica, siendo sus fragmentos angulosos y de baja esfericidad. Típicamente, la unidad muestra una pobre estratificación (foto IV.2)



Foto IV.2 Pobre estratificación de las tobas y brechas latíticas de la parte superior de la Secuencia Volcánica Inferior.

(UTM 12R, X= 740,487 E, Y= 3,210,741 N)

El programa de barrenación desarrollado por la compañía ha demostrado que el paquete andesítico presenta un espesor aproximado de 500 m y que la parte félsica superior de la unidad varía entre los 100 y los 200 m de grueso (Overbay *et al.*, 2001). Aquí, es importante mencionar que la mayor parte de la mineralización de oro y plata ocurre en las rocas andesíticas y en la parte más inferior del miembro superior.

Como se mencionó, esta sucesión volcánica varía en rango cronoestratigráfico del Eoceno Inferior al Oligoceno Inferior, aunque por estudios en otros lugares de la provincia geológica de la Sierra Madre Occidental es más apropiado restringirla al Eoceno Inferior.

Discordantemente sobre el paquete anterior se presenta la unidad volcánica superior de edad oligocénica, la cual es la unidad más distintiva y de mayor distribución geográfica de la Sierra Madre Occidental. Está formada principalmente por tobas e ignimbritas félsicas, con cantidades menores de brechas y flujos igualmente félsicos, conglomerados, basaltos, andesitas y dacitas.

Forma las partes más altas de esta parte de la Sierra Madre Occidental (foto IV.4), distinguiéndose por lo resistente de sus paquetes litificados aunque se presentan intervalos de tobas pobremente litificados, tal y como se aprecia en el camino que conduce de la ciudad de Madera al sitio del proyecto. Su posición cronoestratigráfica varía del Oligoceno inferior al superior.

Figura IV.7 Mapa geológico del área del Mineral de Dolores, Chihuahua.



Foto IV.3 Dique de latita en las rocas andesíticas de la Secuencia Volcánica Inferior.

(UTM 12R, X=740,120 E, Y=3,209,712 N; viendo al W franco)

La actitud de este potente paquete, que llega a rebasar los 1,000 m en espesor, es primordialmente horizontal a subhorizontal. En Dolores, una ventana estratigráfica en esta sucesión permite el afloramiento de la mineralización y de las rocas encajonantes (foto IV.4).



Foto IV.4 Panorámica mostrando afloramientos de la Secuencia Volcánica Inferior en la parte frontal y media, y de la Secuencia Volcánica Superior en último plano.

(UTM 12R, X= 740,487 E, Y= 3,210,741 N; viendo al S)

La Formación Báucarit (foto IV.1) discordantemente cubre a las secuencias del Terciario inferior y medio. Está constituida principalmente por conglomerados brechoides polimícticos, arenosos intercalados en distintos niveles con flujos de naturaleza máfica. La estratificación aparenta estar pobremente definida lo que da un aspecto masivo a muchos de sus afloramientos, aunque existen horizontes claramente marcados. Es fácilmente reconocible por su coloración parda oscura a clara y por su resistencia a la erosión de algunos de sus horizontes lo que permite que se generen relices y paredones verticales intercalados con partes de pendiente más suave. Ocurre de forma horizontal a subhorizontal, encontrándose generalmente está última actitud en la parte inferior de la unidad. Se le encuentra inmediatamente al E del sitio del proyecto.

Al SSW del Mineral de Dolores aflora un derrame de rocas volcánicas de carácter máfico que constituyen la cima de la columna estratigráfica local (figura IV.7). Forma mesas y lomas redondeadas al SE del Mineral de Dolores. No existen determinaciones de edad para este cuerpo pero se considera como del Terciario más superior, pero no más joven que el Plioceno. Su actitud es horizontal.

Características geomorfológicas

La región se puede ubicar en la etapa de juventud dentro del ciclo geomorfológico. Así, son abundantes los escarpes, las cimas agudas y las divisorias rectilíneas a curvilíneas, separadas por abundantes cañadas de paredes empinadas (figura IV.8). Los valles de las corrientes típicamente tienen perfiles en forma de V por lo que en su piso se reducen prácticamente al ancho de los cauces de las mismas, como lo ejemplifican en el sitio del proyecto el arroyo Chabacán y sus tributarios. Estos valles son insecuentes, siendo tanto simétricos como asimétricos. Estos últimos ocurren por lo común donde hay litologías de contrastante resistencia a ambos lados del valle, lo cual es el caso de la parte baja del arroyo El Chabacán, ya citado, en las inmediaciones del cerro Colorado.

Los curvilineamientos son relativamente comunes y reflejan claramente el carácter volcánico de la región. De hecho, el proyecto minero se ubica en el borde de un gran curvilineamiento elongado que muy bien puede corresponder a los vestigios de una antigua caldera. Sin embargo, en el sitio no se reconocen edificios u otras formas del terreno de origen volcánico. Localmente, se identifican curvilineamientos relativamente pequeños que varían en diámetro entre los 750 a los 2,500 m y que, como se verá más adelante, corresponden a los remanentes de antiguos cuellos y domos.

Al SSE del poblado del Mineral de Dolores, por la parte alta de la sierra, se observan en el área denominada Mesa de Aterrizaje formas del terreno suaves y redondeadas que se desarrollaron en las rocas basálticas más jóvenes de la región y que esencialmente muestran una actitud horizontal. Su extensión está limitada a este sitio.

Una forma del terreno notable son las "mesas" delimitadas por escarpes verticales desarrolladas por conglomerados de la Formación Báucarit en las inmediaciones del río Tutuaca (figura IV.8 y foto IV.5). De la imagen de satélite se deduce que tales mesas son más bien planos con inclinación muy leve al ESE, reflejando la actitud estructural de la Formación Báucarit. Los escarpes llegan a alcanzar hasta más de 100 m de altura y son de origen erosivo producto de un resistente y potente paquete de conglomerados sucios polimícticos de estratificación masiva que tienen una distribución limitada inmediatamente al oriente del sitio del proyecto. Así, estas geoformas se observan en la unión del arroyo Chabacán con el río Tutuaca, abarcando una área irregular elongada, con un diámetro mayor de aproximadamente 5 km y uno menor de aproximadamente 2.5 km (en su parte más ancha)



Foto IV.5 Escarpes erosivos de la Formación Báucarit en el río Tutuaca.

(UTM 12R, X= 743,071, E, Y= 3,207,242 N, viendo al N)

Características del relieve

En virtud del carácter montañoso de la región, la topografía se caracteriza por ser abrupta. Según el esquema de clasificación seguido por el INEGI (1999), el sitio del proyecto se ubica en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre Occidental en la Subprovincia de las Sierras y Cañadas del Norte, cuyo rasgo distintivo es el predominio de las sierras altas que alcanzan hasta casi los 2,600 m.s.n.m (figura IV.8).

El proyecto se ubica en un sistema local de cañadas excavadas por el arroyo Chabacán y sus tributarios. La actual comunidad del Mineral de Dolores se ubica a los 1,500 m.s.n.m. Las alturas de los elementos topográficos llegan a alcanzar, los más altos, los 2,080 m.s.n.m., mientras que el nivel más bajo se encuentra en el citado río Tutuaca, a los 1,060 m.s.n.m.

Las pendientes de las laderas son muy comúnmente del orden del 50%, llegando a alcanzar el 70% en la parte más alta de la sierra y valores inclusive menores a 45% en las partes bajas. Pendientes del 100% o mayores son escasas, ocurriendo solamente en las cimas escarpadas de algunos de los cerros.

Presencia de fallas y fracturamientos

Con base en su orientación se reconocen cuatro juegos de fallas: (1) E-W, (2) NW-SE a NNW-SSE; (3) NNW-SSE a N-S; y, (4) NE-SE. El primero está representado por fallas de alto ángulo de orientación E-W que comúnmente muestran desplazamiento de tipo normal. En el sitio del proyecto solamente cortan a las rocas intermedias de la Secuencia Volcánica Inferior por lo que se puede decir que es el más antiguo. Sin embargo, en la imagen de satélite se aprecia que en la región ha afectado también a la Secuencia Volcánica Superior y de hecho este tipo de fallamiento ha sido observado en distintas partes de la Sierra Madre Occidental. Tal es el caso, por ejemplo, de la Mesa Rica, Sonora, ubicada 58 km al NW del Mineral de Dolores, donde Radelli (1997) reporta vetas que rellenan fallas NW-SE y NE-SW, pero principalmente E-W, asociadas al desarrollo de una caldera durante la generación de la secuencia riolítica-ignimbrítica de la Secuencia Superior.

El segundo sistema de fallas es el más dominante en el área de interés y le da el grano estructural a la región el cual es fácilmente discernible tanto en fotografía aérea como en la imagen de satélite. Corresponde a una serie de estructuras de alto ángulo, de carácter normal principalmente aunque también es común encontrar evidencias de desplazamiento lateral. De acuerdo a lo reportado por Overbay *et al.* (2001) el rumbo de este juego de estructuras varía entre N50°W a N20°W (foto IV.6) y echados por lo común de 65 a 76° al W. Además, este sistema de fallas jugó un papel importante en el emplazamiento de la mineralización así como de los diques y otros intrusivos de composición latítica tan abundantes en la localidad (figura IV.7 y foto IV.3). Generó tanto los conductos para los fluidos como una preparación del terreno adecuada por medio del fracturamiento y brechamiento de las rocas. Dada esta relación con el emplazamiento de cuerpos ígneos muy resistentes a la erosión y el intemperismo esta familia de estructuras es fácilmente distinguible tanto en el campo como en fotografías aéreas e imágenes de satélite.



Foto IV.6 Plano de falla en la parte superior de la unidad volcánica inferior.

(UTM 12R, X= 740,463 E, Y= 3,210,460 N)

El tercer juego de fallas es subordinado al anterior. Varía en rumbo del NNW-SSE a N-S aunque en la región se pueden observar estructuras de alto ángulo cuya orientación llega a ser más bien ENE-SSW. Overbay *et al.* (2001) reportan en el sitio del proyecto estructuras asignables a esta familia con rumbos por lo común entre el N y N20°W y echados de 80° al W y al E. Observaciones de campo revelaron que este sistema de fallas también muestra componentes de desplazamiento lateral de bastante consideración.

El cuarto sistema de estructuras está conformado por rasgos de alto ángulo de orientación NE-SW (figura IV.7). De acuerdo a la información de campo y la interpretación de imágenes, éstas son también de carácter regional y afectan igualmente a la Secuencia Volcánica Superior, aunque en el área no son tan evidentes como el juego anterior. Sin embargo, en el área del Mineral de Dolores no parecen afectar a la Formación Báucarit ni a las rocas de carácter máfico que forman la parte superior de la columna estratigráfica del lugar por lo que deben antecederles.

Figura IV.8 Mapa geomorfológico.

Figura IV.9 Mapa de pendientes.

Adicionalmente a los rasgos antes mencionados, tanto en el sitio del proyecto como en la región existen otro tipo de estructuras caracterizadas por su naturaleza curvilínea la cual es producto, por estar genéticamente relacionadas a los procesos de formación y emplazamiento, de las rocas ígneas volcánicas e intrusivas someras de esta parte de la Sierra Madre Occidental. En escala varía de pequeña a grande, siendo las mayores seguramente los vestigios de paleocalderas desarrolladas durante el vulcanismo félsico de la Secuencia Volcánica Superior. De hecho, el Mineral de Dolores se encuentra al borde de una de estas estructuras.

En el sitio del proyecto se observaron dos grandes tipos de fracturamiento de las rocas. Uno es genético, relacionado a la forma de origen y/o emplazamiento de los cuerpos de roca, mientras que el otro se pudiera decir que es "secundario", producto del tectonismo que en distintos eventos ha afectado a la región. El primer tipo se debe a diversos procesos ígneos autoclásticos y aloclásticos tales como el autobrechamiento de los derrames volcánicos y el colapso y "desmoronamiento" de domos y cuello así como al enfriamiento de las lavas e intrusivos someros. Sin embargo, mucha de la permeabilidad generada por este fracturamiento fue reducida por los mismos procesos volcánicos y mineralizantes que rellenaron los espacios formados.

Por otra parte, el fracturamiento tectónico generado concomitantemente al vulcanismo fue también reducido por efecto del emplazamiento de material ígneo en las fallas y otros conductos, persistiendo en gran parte el formado posteriormente. Sin embargo, el fracturamiento tectónico es de naturaleza localizada encontrándose a lo largo de los elementos estructurales y en la intersección de los mismos.

Susceptibilidad de la zona a: sismicidad, deslizamiento, derrumbes, inundaciones, otros movimientos de tierra o roca y posible actividad volcánica

El proyecto minero Dolores se desarrollará en un área de muy baja sismicidad. Se ubica dentro de la zona B del esquema establecido por el Servicio Sismológico Nacional para efecto de diseño antisísmico (figura IV.10). Dicha zona se caracteriza por una frecuencia de sismos muy baja y, en caso de movimientos telúricos, se esperaría una aceleración del suelo menor al 10% del valor de la gravedad. De hecho, en esta parte del estado de Chihuahua no se presentó ningún movimiento telúrico con magnitud mayor a 6 en todo el siglo XX. Además, la región es tectónicamente inactiva, cesando toda actividad en las fallas y fracturas observadas en tiempos geológicos muy remotos por lo que no se conoce de evidencias de movimientos recientes. Por lo tanto, se factible concluir que el riesgo sísmico en la zona es bajo.

Si bien las pendientes altas, que son comunes en la Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte y en el sitio del proyecto, son un factor que puede favorecer el movimiento de masa, se puede decir que el riesgo por este tipo de fenómenos geológicos es moderado. Durante el trabajo de campo no se observaron evidencias de deslizamientos o derrumbes de consideración dentro del perímetro que contendrá las obras mineras propuestas. Las zonas más susceptibles son las que presentan pendientes muy altas o escarpes francos pero éstas condiciones ocurren en extensiones relativamente muy limitadas. Las pendientes mayores principalmente se presentan en las geoformas ubicadas donde se planea desarrollar el tajo por lo que habrá modificación a las mismas por las obras mineras disminuyendo las posibilidades naturales de movimientos de masa en ese lugar.

El cerro Colorado muestra un flanco escarpado orientado hacia el arroyo Chabacán (foto IV.7). Otros pequeños escarpes ocurren inmediatamente al NW pero su extensión es limitada.



Figura IV.10 Zonas sísmicas de la República Mexicana.

La estrella marca la ubicación del proyecto minero de Dolores. En la zona A no existen registros históricos, no se han registrado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores. En la zona D se han reportado grandes sismos históricos, la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad. Las zonas B y C son intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.



Foto IV.7 Escarpe en el flanco S del cerro Colorado.
(UTM 12R, X= 740,761 E, Y= 3,208,808 N, viendo al NE)

Por fuera de los linderos del proyecto, llaman la atención los grandes bloques desprendidos de los relieves verticales de la Formación Báucarit, como el de la foto IV.5, mencionados en el apartado sobre geomorfología, en las inmediaciones del río Tutuaca. Aquí, grandes peñascos de conglomerado, de hasta de más de 10 m en diámetro, han rodado pendiente abajo hasta estabilizarse en el lecho del río (fotos IV.8 a y b), encontrándose algunos en una condición metaestable en la ladera del valle encajonante (fotos IV.8c y d).

Las características topográficas y el tipo de relieve hacen que no exista riesgo por inundaciones. Por otro lado, la zona es inactiva desde el punto de vista volcánico, por lo que no existe riesgo relacionado a este aspecto. El vulcanismo por el cual es famosa la Sierra Madre Occidental cesó en el Mioceno Temprano, presentándose posteriormente actividad volcánica de forma esporádica hasta la formación de la unidad basáltica de la Mesa de Aterrizaje, que es la más joven. No existen dataciones para tal cuerpo pero se considera que no puede ser más joven que el Plioceno.

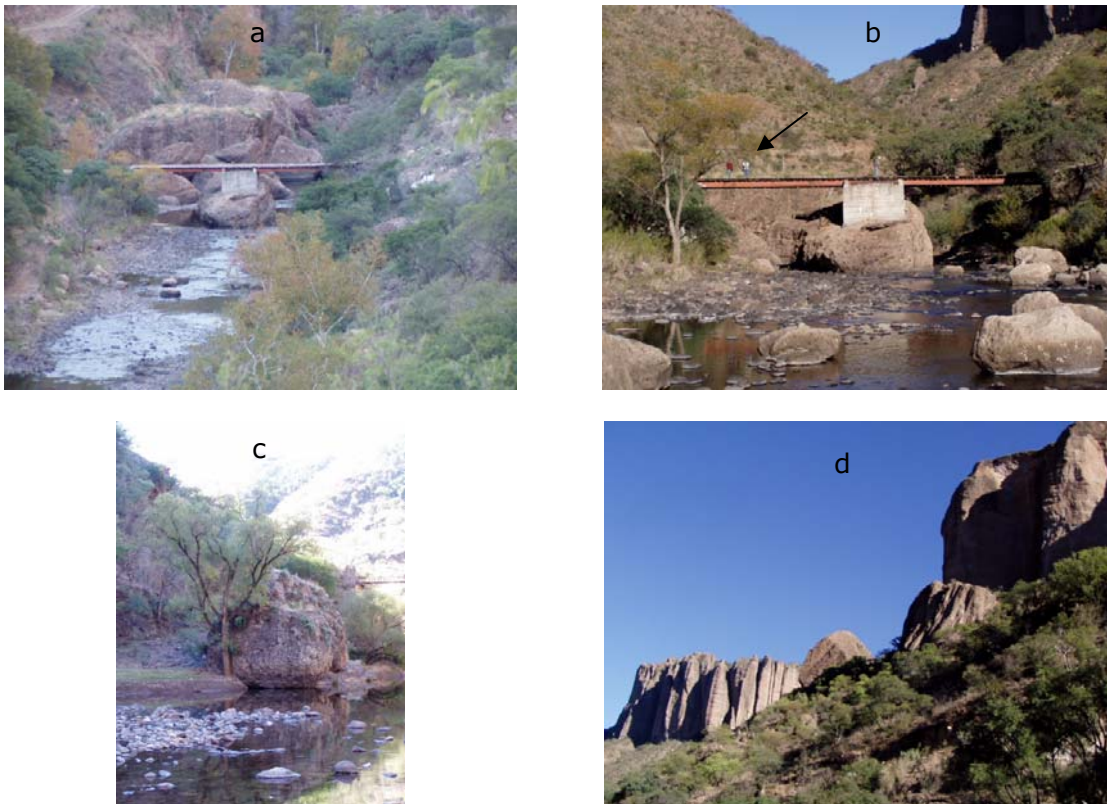


Foto IV.8 Grandes peñascos de la Formación Báucarit en el lecho del río Tutuaca (a, b y c) y en las laderas (d). Note las personas en el puente como escala en la foto b.

(varios puntos cercanos UTM 12R, X=743,266 E, Y=3,206,978 N)

C Suelos

La caracterización edafológica del área se llevó a cabo con base en muestreo y observaciones de campo con apoyo de la carta de suelos Tijuana, escala 1:1,000,000 editada por el INEGI. Previos recorridos, se tomaron muestras en lugares con condiciones edáficas típicas de los sitios donde se desplantarán las distintas obras mineras a desarrollar. El muestreo se realizó de acuerdo la norma NOM-021-RECNAT-2000, misma que establece las especificaciones de muestreo y análisis para la clasificación de suelos entre otros aspectos. Las muestras fueron analizadas físico-químicamente en el laboratorio certificado *Análítica del Noroeste, S.A. de C.V.*, de la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Tipos de suelo

Como es de esperar, el desarrollo de los suelos comunes en el sitio del proyecto está principalmente controlado tanto por las características del relieve como por el clima del lugar, jugando la litología subyacente un papel importante. Los suelos son en general someros, encontrándose sus mayores potencias en lugares en donde la topografía propicia la acumulación de material. De cualquier forma, lo frecuente es que el espesor sea del orden de los centímetros a decímetros. Su color varía entre el café a rojizo en diversas tonalidades claras a oscuras.

Según el esquema de clasificación de la FAO/UNESCO-INEGI, en el área de interés predominan tres tipos de suelos: luvisol, litosol y cambisol. Los luvisoles y los cambisoles son crómicos en virtud de la tonalidad rojiza de su horizonte distintivo y típicamente muestran una susceptibilidad moderada a alta de erosión. Por su parte, el litosol predomina en donde la pendiente es mayor, estando controlada su composición mineral, al igual que su color, por la naturaleza de la roca madre subyacente. De esta forma, los litosoles muestran una gran variación en coloración.

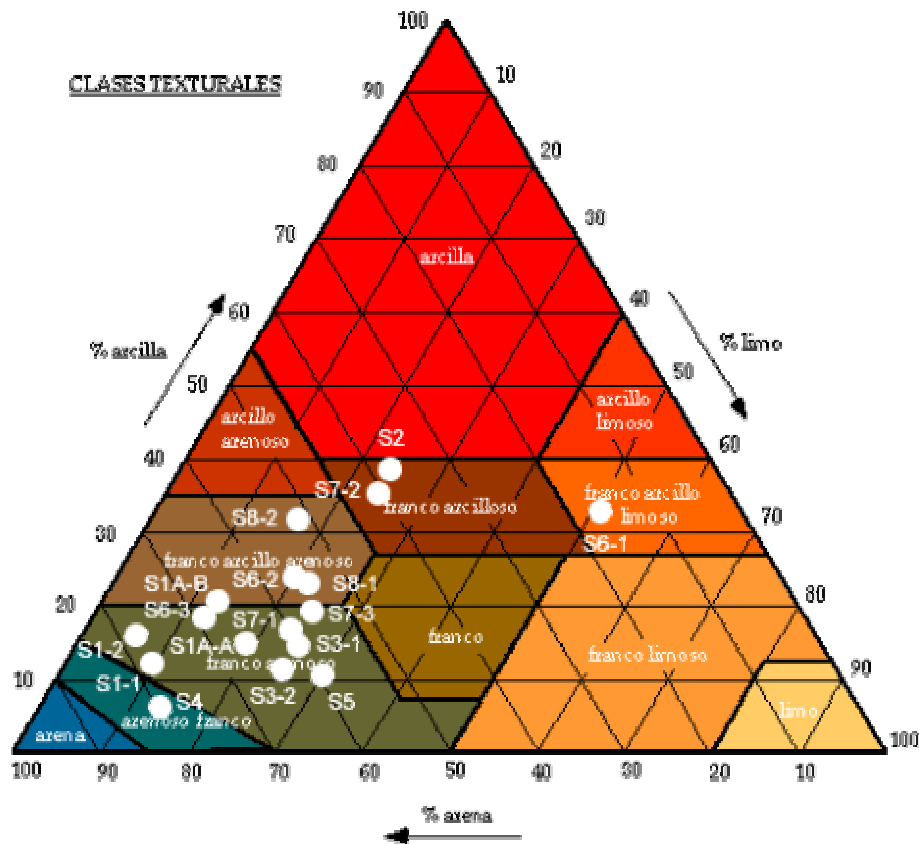
El color se determinó por comparación, tanto en seco como en húmedo, con la carta de colores de Munsell. Si bien la variabilidad en color es grande, predominan los suelos de color café, café ligero y café rojizos con capas superficiales claras lo que es atribuible a un bajo contenido de materia orgánica, a excepción de algunos sitios en el área de tajo y en Arroyo Amplio (foto IV.9).

| SITIO | | Matorral subinermé - nopalera | | | Bosque de encino | | |
|-------|---------------------------|-------------------------------|---------------------|-------------|------------------|---------------------|-------------|
| | | No. Muestras | Referencia de color | COLOR | No. Muestras | Referencia de color | COLOR |
| 1 | Terrero Este | 3 | 7.5YR 6/3 | CAFÉ LIGERO | 4 | 7.5YR 5/3 | CAFÉ |
| 2 | Terrero Sur | 5 | 7.5YR 4/0 | GRIS OSCURO | 3 | 5 YR 4/3 | CAFÉ ROJIZO |
| 3 | Patios, planta y oficinas | 3 | 7.5YR 6/3 | CAFÉ LIGERO | | | |
| 4 | Terrero Norte | 3 | 7.5YR 6/0 | GRIS | 3 | 7.5YR 5/3 | CAFÉ |
| 5 | Zona Noroeste del tajo | 4 | 7.5YR 6/3 | CAFÉ LIGERO | 4 | 7.5YR 5/3 | CAFÉ |
| 6 | Represo Chabacán | 3 | 7.5YR 5/2 | CAFÉ | | | |
| 7 | Terrero Oeste | | | | 4 | 7.5YR 6/3 | CAFÉ LIGERO |
| 8 | Tajo y accesos N, S y O | 5 | 7.5YR 6/3 | CAFÉ LIGERO | 5 | 7.5YR 5/6 | CAFÉ FUERTE |

La estructura del suelo predominante fue la granular, presentándose escasamente la laminar en sitios con presencia de arcillas. Texturalmente, se tiene que las clases más abundantes son la franco arenosa y la franco arcillo arenosa (figura IV.12), aunque se presentan también suelos franco-arcillosos y arenoso-francos.

Figura IV.11 Mapa edafológico

Figura IV.12 Clases texturales de las muestras de suelo analizadas.



Características fisicoquímicas

Las características fisicoquímicas de las muestras de suelo (tabla IV.10) se determinaron conforme a la norma NOM-021-RECNAT-2000. El pH en agua de las muestras varió entre 4.78 y 8.23, es decir entre fuertemente ácido y medianamente alcalino. Sin embargo, el primer tipo no es común y predominan los valores medios: moderadamente ácidos, neutros y medianamente alcalinos. Cuando se considera el pH medido en cloruro de calcio (CaCl_2) se presenta un corrimiento hacia la parte ácida. Así, la variación fue entre 3.64 y 7.07, siendo entonces más comunes los valores moderadamente ácidos. Por su parte, como es de esperar, el contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) fue por lo común mediano a bajo. Sólo en el sitio de la muestra 3 se encontró alto contenido de carbonato, el cual corresponde al área de planta que es un sitio bajo en forma relativa (aprox. 1,470 m.s.n.m.), lo que puede ser un reflejo de la litología subyacente y su alteración.



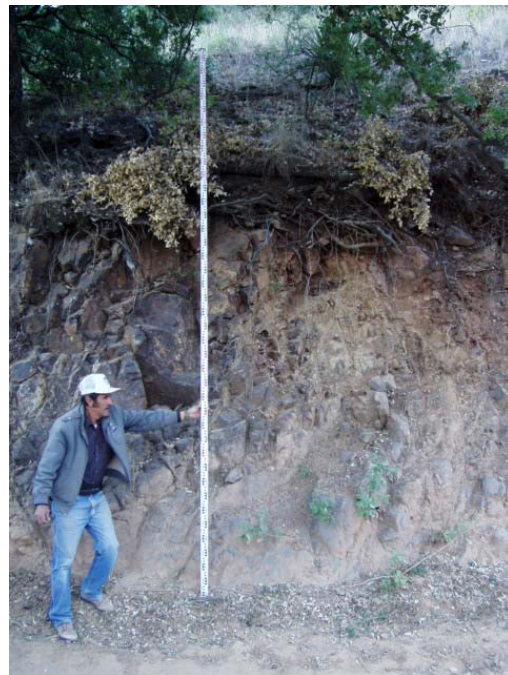
a) Suelos 1



b) Suelos 2



c) Suelos 3



d) Suelos 4

Foto IV.9 Perfil edáfico de algunos sitios de muestreo de suelos. Consulte la tabla IV.10 para conocer las coordenadas, sus características y área donde se ubican.



e) Suelos 5



f) Suelos 6



g) Suelos 7



h) Suelos 8

Foto IV.9 (cont.) Perfil edáfico de algunos sitios de muestreo de suelos. Consulte la tabla IV.10 para conocer las coordenadas, sus características y área donde se ubican.

Tabla IV.10 Características fisicoquímicas de muestras representativas de los suelos.

El porcentaje de humedad fue bajo mientras que el porcentaje de saturación se puede considerar como mediano a medianamente alto. Sin embargo, se tiene que la conductividad en todos los casos es despreciable por lo que se concluye que la salinidad tiene un efecto despreciable en estos suelos.

El contenido de materia de orgánica es muy bajo en todos los casos salvo para el horizonte más superficial de la muestra 8 que se puede considerar como mediano. A su vez, el nitrógeno total inorgánico (micro-Kjeldahl) resultó muy alto al igual que el fósforo extraíble, el calcio y el magnesio, más no así el potasio y el sodio. Esta distribución de los cationes intercambiables es un reflejo de la litología predominante en el sitio pues las rocas intermedias se caracterizan por contener una mineralogía en la que en forma relativa abundan los silicatos de calcio y magnesio y son escasos los minerales de sodio y potasio.

Estabilidad edafológica y erosión

Para determinar la estabilidad de los suelos se tomó en consideración su profundidad, fase física, características texturales, estructura (forma de las partículas, tamaño, color y desarrollo) y drenaje interno, parámetros que fueron estimados en campo. De esta manera, se considera que la estabilidad edafológica varía de intermedia a baja en virtud de: (1) que presentan un desarrollo de moderado a débil; (2) que el tamaño de las partículas y la correspondiente textura varía en general de media a gruesa; (3) la fase física es lítica, gravosa y pedregosa; y, (4) poseen una capacidad de drenaje interno de moderado a excesivamente drenado.

Adicionalmente, se empleó el penetrómetro de punta de prisma de 2 cm² y 500 grs. de carga de golpe para obtener la resistencia del suelo. Se realizaron 422 muestreos, en 8 sitios. Los valores de esfuerzo o resistencia variaron entre 0.42 y 1.38 kg/cm². Se concluye que la porosidad de los suelos del área es de media a media alta (suelo semicompactado y firme), lo que está dado por la combinación del tipo textural, altos contenidos de arenas y contenidos rocosos de medianamente bajos a medios con tamaños variables, que van de grava a bloques de acuerdo a la clasificación del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica (1981). Los resultados obtenidos se presentan en la tabla IV.11 siguiente.

Tabla IV.11 Resistencia del suelo al impacto del penetrómetro de Ramsonde

| SITIO | Matorral subinerme - nopalera | | | Bosque de encino | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|-----------------------------------|
| | No. de golpes | Profundidad (cm) | Resistencia (kg/cm ²) | No. de golpes | Profundidad (cm) | Resistencia (kg/cm ²) |
| 1 Terrero Este | 14 | 13 | 0.92 | 35 | 8 | 1.09 |
| 2 Terrero Sur | 33 | 17 | 1.01 | 17 | 10 | 0.42 |
| 3 Patios, planta y oficinas | 11 | 17.5 | 0.42 | | | |
| 4 Terrero Norte | 12 | 18 | 0.93 | 38 | 5 | 0.6 |
| 5 Área al Noroeste del tajo | 28 | 19 | 0.73 | 48 | 6 | 1.16 |
| 6 Represo Chabacán | 22 | 23 | 1.35 | | | |
| 7 Terrero Oeste | | | | 69 | 42.5 | 1.38 |
| 8 Tajo y accesos N, S y O | 35 | 24 | 0.86 | 30 | 53 | 1.22 |

Por otra parte, si bien existe evidencia de erosión hídrica, ésta no es severa. Por otra parte, de acuerdo al esquema de Martínez y Fernández (1983) (citado en Figueroa Sandoval *et al.* 1991), quienes determinaron la degradación específica de las subregiones hidrológicas del país, el proyecto se ubica en una zona (subregión 9) con degradación del suelo tipificada como leve con una pérdida entre 2 y 3 ton/ha/año (figura IV.13).



Figura IV.13 Degradación específica en las subregiones hidrológicas del país.

D Geohidrología e hidrología superficial y subterránea

La caracterización geohidroológica del área de interés se realizó con base en las observaciones de campo y de gabinete (interpretación de imagen de satélite y fotografías aéreas del INEGI), así como en dos estudios, uno realizado por la Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua (JCASECH, 1996) y otro ordenado por la propia compañía (HSI GeoTrans, 1998). Adicionalmente, se contó con información del estudio de factibilidad desarrollado por Golder Associates, Inc., (2005).

El área de interés se localiza en la subcuenca Río Tutuaca de la Cuenca B (río Yaqui) de la Región Hidrológica 9 del país, también conocida como Sonora Sur. La Cuenca del río Yaqui en Chihuahua comprende una superficie de 14,994.1 km². Sus corrientes principales son los ríos Papigochi, Tomochic y Tutuaca. El primero es el más importante de ellos y cambia dos veces de nombre. A partir del punto donde se le une el arroyo El Riño se le conoce como Sirupa, nombre que perdura hasta el rancho El Moquete donde toma la denominación de río Aros. Es en la vecindad de este punto donde se le une el río Tutuaca. Posteriormente, el río Sirupa cambia a un rumbo más hacia el Sur abandonando como río Aros el estado de Chihuahua en el rancho El Refugio, internándose en el estado de Sonora y recorriendo más de 130 km hasta que se une al río Yaqui en las cercanías de Pueblo Viejo.

Recursos hidrológicos localizados en el área de estudio

El principal recurso hidrológico ubicado en la vecindad del área de estudio lo constituye el río Tutuaca, corriente permanente que serpentea en general del SSE al NNW. En la región, el aprovechamiento de este río es a muy baja escala, principalmente para abrevar ganado y riego. Además, para su alimentación, los escasos pobladores llegan a pescar, con hilo y anzuelo, las especies por ellos conocidas como bagre, matalote, sardina, mojarrita y carpas,

algunas de las cuales llegan a rebasar los 60 cm en longitud (foto IV.10). Como se mencionó el río Tutuaca corre todo el año, aunque como es de esperar, el volumen de agua que transporta decrece considerablemente en los meses de baja precipitación pluvial del año. No fue posible obtener datos del caudal de esta importante corriente.

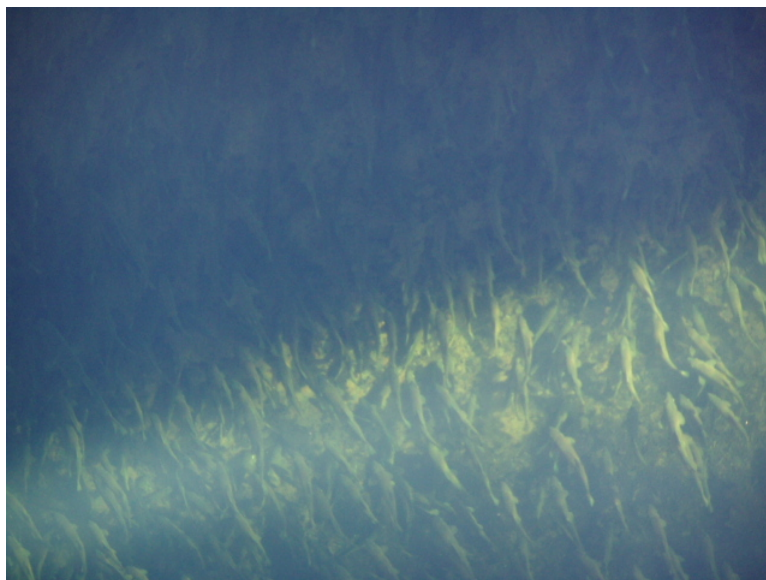


Foto IV.10 Peces en el río Tutuaca.

(Aprox. UTM 12R, X= 743,114; E, Y= 3,207,404 N; desde puente colgante para peatones)

Por otra parte, como a 2.5 km al WSW del Mineral de Dolores y a una elevación de 1,825 m.s.n.m, existe un pequeño reservorio de agua superficial embancada por un bordo construido en el arroyo Amplio en la vecindad del rancho del mismo nombre. Esta obra embalsa el agua de una subcuenca con una área de 5.2 km² (HSI GeoTrans, 1998). Según los lugareños, este represo fue construido cuando operaba a principios del siglo XX la mina subterránea del lugar. Se ha utilizado para abastecer agua al Mineral, pero al no ser una fuente confiable permanente y tener tal población otras alternativas, ese uso se desechó y ahora se utiliza principalmente para el ganado. El arroyo Amplio es un tributario del río Tutuaca.

El único embalse importante aguas abajo del sitio de interés está tan alejado que no habría influencia alguna bajo ninguna circunstancia por las actividades mineras planeadas. Dicho embalse lo constituye la presa Plutarco Elías Calles (El Novillo), en el estado de Sonora, ubicada su cortina a aproximadamente 110 km en línea recta al Oeste. Obviamente, debido a lo accidentado de la topografía de la región esta distancia casi se triplica si se sigue la trayectoria de los ríos Tutuaca, Aros y Yaqui. Por tal razón, no se le dará mayor consideración aquí.

Hidrología superficial

La región se ubica en la subcuenca del río Tutuaca, denominada como "r", de la cuenca B o del río Yaqui, de la Región Hidrológica 9 Sonora Sur. La subcuenca r abarca un área de 395 km² (INEGI, s/f) y presenta un coeficiente de escurrimiento del 10 al 20%, el cual se espera donde la permeabilidad del terreno es baja, la vegetación de media a densa y una precipitación entre 600 y 800 mm al año.

El río Tutuaca y el Sirupa, más al oriente, en esta zona corren sinuosamente del SSE al NNW. Más al N, el segundo de ellos cambia su dirección, en una gran curvatura con un radio de más de 10 km, para correr en general NNE-SSW y adoptando, como ya se mencionó el nombre de río Aros, mismo que vuelve a virar al NNW en la región de Guadalupe, ya en el estado de Sonora, para continuar con esa misma trayectoria hasta que se une al río Yaqui. Desafortunadamente no fue posible obtener datos del caudal de estos ríos. La carta hidrológica de aguas superficiales Tijuana (INEGI, 1981) reporta para la estación hidrométrica 26-12 ubicada sobre el río Aros en la vecindad de Guadalupe, Sonora, un volumen medio anual de 1,182.9 millones de metros cúbicos para una área drenada de 15,270 km³.

Estas corrientes principales reciben a muchos tributarios que en conjunto constituyen una red de drenaje bien integrada que muestra un patrón que se puede describir como dendrítico a irregular, lo que refleja que en gran parte de la región no existe un control estructural en el curso de las corrientes.

El área donde se desplantarán las distintas obras es drenada por el arroyo Chabacán, y sus tributarios, mismo que desemboca en el río Tutuaca (figura IV.14). Este último constituye la parte más baja al ubicarse a una elevación de poco más de 1,000 m.s.n.m., mientras que el Mineral de Dolores se encuentra aproximadamente a 1,500 m.s.n.m. y las cabeceras de las microcuencas del Chabacán y tributarios llegan a encontrarse hasta los 2,080 m.s.n.m. Estos arroyos son intermitentes pero en tiempo de lluvia pueden correr por lapsos considerables y en ocasiones desfogar aguas caudalosamente. La pendiente de estos arroyos es en general alta.

La cuenca de drenaje de el arroyo Chabacán, desde su cabecera hasta el río Tutuaca, es de 17.6 km². Se ha estimado que el volumen de agua derivado de la precipitación aguas arriba de la obra minera a cielo abierto que se desarrollará es aproximadamente 5,200,000 m³ al año, mismos que, debido a pérdidas por evapotranspiración, representan un escurrimiento de 1,000,000 m³ o un promedio de 2,700 m³ por día. Por su parte, el arroyo que atraviesa por el actual poblado Mineral de Dolores drena una subcuenca que generaría un volumen de escurrimiento de 300,000 m³ (820 m³ por día) derivado de un volumen de agua de lluvia de aproximadamente 1,500,000 m³ (HSI GeoTrans, 1998).

Las escorrentías del Chabacán y sus tributarios no son actualmente sujetas de aprovechamiento alguno. Por otra parte, no existen en el área otros cuerpos de agua.

Calidad del agua superficial

Para efecto de determinar la calidad del agua superficial se establecieron cinco puntos de monitoreo, cuatro de ellos en la cuenca del arroyo Chabacán y el otro en el río Tutuaca aguas arriba de la desembocadura de dicho arroyo. En estos puntos se tomaron muestras en 1997, 1999, 2003 y 2004.

La tabla IV.12 muestra las coordenadas de los puntos de monitoreo de agua superficial. Como se aprecia en la figura IV.14, el punto C1-SW se localiza sobre el arroyo Chabacán justo antes de que se una al río Tutuaca, esto es, aguas abajo de las obras mineras propuestas. Por su parte, el punto C2-SW está ubicado sobre el mismo arroyo, pero en la parte alta de su cuenca, en un sitio aguas arriba de las distintas obras mineras y a una altura de 1,560 m.s.n.m. A su vez, C3-SW, también se localiza sobre el Chabacán en un lugar cercano a la parte media de la cuenca e inmediatamente aguas arriba de la desembocadura de un arroyo de orden menor que drena una pequeña subcuenca donde se localiza el actual cementerio y el tiradero de basura del poblado Mineral de Dolores (figura IV.14). Precisamente en este último arroyo se encuentra el punto de monitoreo D1-SW. El quinto punto corresponde a T1-SW que se sitúa sobre el río Tutuaca antes de que se le una el arroyo Chabacán.

Figura IV.14 Mapa de hidrología superficial

Tabla IV.12 Coordenadas de los puntos de monitoreo de agua superficial y subterránea.

| Punto de Monitoreo | Coordenada | |
|-------------------------|------------|-----------|
| | X | Y |
| Agua superficial | | |
| D-1SW | 740,942 | 3,209,208 |
| C-3SW | 740,821 | 3,209,329 |
| C-1SW | 743,008 | 3,207,631 |
| T1-SW | 743,126 | 3,207,329 |
| C-2SW | 738,077 | 3,209,746 |
| Agua subterránea | | |
| D-365 | 740,858 | 3,208,796 |
| D98-R95M | 740,108 | 3,209,277 |
| D98-R96M | 739,600 | 3,209,880 |
| D98-R97M | 738,914 | 3,210,752 |
| R98-97M | 738,914 | 3,210,752 |
| R97-93 | 739,357 | 3,209,787 |
| R175M | 737,802 | 3,209,940 |
| WW 1 | 738,889 | 3,210,144 |
| P-1 Pozo de Aguaje | 739,621 | 3,208,946 |
| P-2 Pozo de Aguaje | 739,525 | 3,208,946 |
| P-3 Pozo Venanzio | 739,333 | 3,208,742 |
| P-4 Pozo las Parritas | 739,913 | 3,208,582 |
| P-5 Mina de Parra | 739,373 | 3,209,026 |
| P-6 Rancho la Palmita | 737,789 | 3,209,650 |
| P-7 Pozo de Gonzáles | 739,773 | 3,209,058 |
| P-9 Mina Alma de Maria | 739,813 | 3,209,102 |

La tabla IV.13 presenta los resultados de los parámetros analizados a las distintas muestras de agua. Conforme a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, en lo referente al desarrollo y conservación de la vida acuática, se tiene que los parámetros con niveles adecuados son cloruro, antimonio, arsénico, titanio y mercurio, siendo este último prácticamente no detectado. El pH varió de 6.75 a 8.59, por lo que se tienen condiciones de neutras a ligeramente alcalinas. Los valores más altos se dieron en T1-SW y en C1-SW.

Por otra parte, se tiene que en todas las muestras analizadas de los distintos sitios de muestreo se rebasa la calidad mínima requerida en los parámetros de sulfato y bario, así como manganeso y fluoruro, con la aclaración de que en estos dos últimos casos, en algunos análisis el límite de detección fue mayor al valor establecido en los criterios de referencia.

En el caso del sulfato, las mayores concentraciones (270 a 420 mg/l) se presentaron en D1-SW y las menores (2.9 a 20 mg/l) en T1-SW y C2-SW. Igual comportamiento se tiene en el caso del Ba. De hecho, las muestras de D1-SW presentan los valores más altos en casi todos los parámetros sobre todo en sólidos disueltos totales, alcalinidad, cloruro, manganeso, magnesio, fierro y aluminio (tabla IV-13), así que se puede decir que este sitio de monitoreo reflejó la menor calidad de agua superficial. Se desconoce si esto es natural o, a manera de hipótesis, si puede estar relacionado a que, como se mencionó, el arroyo donde se ubica dicha estación drena el área en que se encuentra el tiradero de basura de la población, la cual normalmente es quemada.

Por otra parte, con base en los datos disponibles (tabla IV.13), la mejor calidad de agua se encuentra en C2-SW ubicada en la parte alta de la cuenca del Chabacán y en T1-SW sobre el río Tututaca.

Según los indicadores establecidos en los criterios CE-CCA-001/89, las muestras de agua reflejaron condiciones adecuadas de calidad para el uso pecuario (tabla IV.13).

Hidrología subterránea

En el estudio de la Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua (JCASECH, 1996), cuyo propósito era localizar posibles fuentes de abastecimiento de agua para el poblado Mineral de Dolores, se establece que en el área se reconocen cinco unidades geohidrológicas. Sin embargo, de acuerdo a las características de las unidades litológicas y su distribución geográfica, para fines prácticos se puede hablar de tres unidades (figura IV.15).

La primera unidad está constituida por las rocas volcánicas y volcanoclásticas de las Secuencias Volcánicas Inferior y Superior. En general, se caracterizan por una baja porosidad intergranular por lo que la permeabilidad es secundaria y se encuentra principalmente en zonas de fracturamiento y donde la alteración ha sido intensa. En estas zonas la permeabilidad puede llegar a ser media pero en general la unidad es en promedio de permeabilidad baja. Esta unidad es la que predomina en el sitio del proyecto minero.

La segunda unidad geohidrológica se conforma por el paquete de rocas sedimentarias continentales de la Formación Báucarit, compuesta principalmente por conglomerado y arenisca conglomerática con algunos derrames máficos. Si bien hay variaciones en la matriz de estas rocas lo que se traduce en variabilidad de la permeabilidad, ésta se considera en general media. Esta unidad se encuentra al E y N de donde se ubicarán las obras mineras.

La tercera y última unidad está compuesta por el material no consolidado reciente, principalmente de origen aluvial, cuya porosidad integranular es buena y presenta, por tanto, alta permeabilidad. Sin embargo, por las observaciones de campo, se deduce que su espesor y/o distribución lateral no son significativos.

Lo anterior es consistente con lo establecido en las cartas hidrológicas de aguas subterráneas del INEGI (1981, 1984) que muestran toda el área donde se ubicará el proyecto minero como una zona de permeabilidad baja en material consolidado. De esta forma, en el sitio del proyecto las zonas de mayor posibilidad son aquellas en las inmediaciones de fallas y zonas de fracturas, a lo largo de muchas de las cuales se emplazaron diques o "vetas".

De acuerdo a HSI GeoTrans, (1998) la conductividad hidráulica en estas zonas puede llegar hasta los 10^{-2} cm/sec, lo que es por arriba del valor más normal para la roca no afectada de 10^{-8} a 10^{-11} cm/sec y concluyen con la consideración que la permeabilidad general promedio de estos cuerpos de roca debe ser muy baja. Similar conclusión alcanzó Golder Associates, Inc., (2005) quienes establecieron que, en las inmediaciones del lugar donde se ubicará el tajo, la baja conductividad de 1×10^{-6} cm/s se debe a la alteración argílica de la roca en el subsuelo, constituida por la Secuencia Volcánica Inferior.

Este mismo estudio concluye que el agua subterránea, en el sector por ellos considerado, se encuentra a profundidades que varían de 69 m por debajo de la superficie hasta el nivel o inclusive por arriba de la superficie, para el caso de los pozos que fluyen, y a elevaciones que van de los 1,400 a los 1,575 m.s.n.m., estando las mayores elevaciones en el Oeste (figura IV.15).

Tabla IV.13 Resultados de los análisis de agua superficial.

Tabla IV.14 Resultados de los análisis de agua subterránea.

Figura IV.15 Mapa hidrológico de agua subterránea

De acuerdo al mismo estudio, la inclinación general del agua subterránea (figura IV.15) de Oeste a Este es un reflejo de la topografía del área del proyecto, en la cual las partes más elevadas de la cuenca del Chabacán se ubican precisamente al occidente y corresponden con la zona de recarga. A su vez, las zonas de descarga son al oriente en los drenajes locales.

Usos y calidad del agua subterránea

El agua subterránea de la zona del proyecto no es aprovechada actualmente salvo para las actividades de exploración del yacimiento mineral. El agua para el poblado proviene de un aguaje ubicado a varios kilómetros al NNW en la Mesa de San Agustín. Las norias y manantiales, al igual que el pozo perforado, ubicados en el Mineral de Dolores no producen agua, situación que según los lugareños se debe a la cantidad de años cada vez más secos que han afectado a la región. Manifestaron que incluso aquellos aguajes o norias que en épocas anteriores producían inclusive en sequías severas ahora están resecos (al mes de mayo del 2004). El recurso hídrico requerido para las actividades de exploración por barrenación es tomado de las antiguas obras mineras subterráneas.

En general la calidad del agua subterránea es baja conforme a la norma NOM-127-SSA1-1994 modificada en el 2000. Presenta valores de algunos metales pesados superiores a los permitidos para el agua potable y en algunos lugares es lo bastante corrosiva como para afectar el equipo de barrenación.

Para la caracterización del agua subterránea se contó con los resultados de análisis de 26 muestras de agua tomadas en 16 sitios distintos, de los que 3 de ellos fueron muestreados cuatro veces (D98-R95M, D98-R96M y D98-R97M), uno (R175M) dos veces y el resto en una sola ocasión. Las muestras fueron colectadas en los años 1997, 1998, 1999, 2003 y el 2004. La tabla IV.14 presenta esta información así como los resultados de los análisis químicos. Por otra parte, en la figura IV.16 se presenta la distribución geográfica interpolada de valores, en la zona de las obras mineras, para las muestras tomadas el 31 de mayo del 2003. Las coordenadas de los sitios de muestreo se muestran en la tabla IV.12 y su distribución geográfica en la figura IV.15.

Aquí cabe aclarar que el sitio de muestreo R98-97M, con una muestra colectada en la fecha recién indicada, se considera que es el mismo que D98-R97M. Esto se debe a que: (1) la compañía minera sólo proporcionó el resultado de laboratorio sin especificar las coordenadas ni alguna otra información sobre su ubicación, (2) no aparece en ningún plano o mapa de sitios de muestreo de la compañía, (3) no existen muestras de la misma fecha para D98-R97M y R98-97M, (4) el esquema de nomenclatura de R98-97M no se repite en otras estaciones, y (5) sus resultados químicos son de manera general semejantes a algunos de D98-R97M, aunque los de esta última son un tanto erráticos. Con base en lo anterior, se concluyó que corresponde a un error de etiquetado en campo de la muestra de agua como algunos otros se detectaron.

Con respecto a la modificación del año 2000 de la NOM-127-SSA1-1994, se tiene que 24 de las 26 muestras (93%) rebasaron en 2 o más parámetros los valores límites establecidos en la misma y sólo 2 muestras se mantuvieron dentro de norma en todos ellos. Esto conduce a considerar que la calidad del agua subterránea en general no es adecuada para el consumo humano, lo cual no es de extrañar en una zona de alta mineralización y alteración de las rocas del subsuelo.

Figura IV.16a Distribución espacial de los niveles de calidad del agua subterránea en la zona del proyecto Dolores.

Figura IV.16b Distribución espacial de los niveles de calidad del agua subterránea en la zona del proyecto Dolores.

Figura IV.16c Distribución espacial de los niveles de calidad del agua subterránea en la zona del proyecto Dolores.

Conforme con esto, el principal problema lo constituyen algunos metales pesados. De los considerados en la norma antes citada, se presentan valores en exceso de fierro y manganeso en 19 de las muestras, así como de aluminio y el metaloide arsénico en 13 y 11 muestras respectivamente mientras que el plomo se presentó fuera de norma en 4 de las muestras (tabla IV.14).

Igualmente, en exceso se detectó el fluoruro que presentó valores anómalos en 11 muestras mientras que la dureza rebasó el máximo valor permitido en 5 muestras (tabla IV.14). Por su parte, el cuanto al pH se reconocieron en general valores neutros a ligeramente básicos, teniéndose solamente la muestra P97-93 un valor ligeramente ácido. El rango de variación del pH fue de 5.69 a 7.78 (tabla IV.14).

Si bien la calidad del agua en general no es buena con respecto a la NOM-127-SSA1-1994 (2000), a nivel de sitio de muestreo, los que presentaron las peores condiciones son D98-R95M, D98-R96M y D98-R97M. El primero de ellos localizado en el actual poblado de Dolores, el segundo en el área que ocupará el tajo y el último inmediatamente por fuera del límite NW del mismo tajo. Sin embargo, hay que aclarar que en estos mismos sitios se observan variaciones en la calidad de un año a otro (tabla IV.14).

IV.2.2. Aspectos bióticos

A Vegetación

Metodología

Para el análisis de la vegetación y la flora del sitio, se partió de conocer las especies presentes y el arreglo poblacional de cada una de ellas; además de considerar los rasgos morfológicos de las especies más importantes y las características ambientales de la zona. Se cubrieron los siguientes apartados: composición florística, composición de las formas biológicas y estructura de la vegetación. El conocimiento de las características biológicas en el área de proyecto y zona circundante son de gran importancia para establecer las medidas de protección y conservación de las especies que se señalan en la Norma Oficial NOM-059-SEMARNAT-2001, y así poder dar cumplimiento a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

Basado en las especificaciones de los términos de referencia para el apartado de medio biológico, flora terrestre de la guía sectorial minera dentro de la manifestación de impacto ambiental, modalidad particular, en el presente estudio se analizan las características biológicas de la flora y vegetación silvestre que servirá de base para evaluar el grado de impacto que se provocará en el área del proyecto. El estudio de los tipos de vegetación y composición de la flora terrestre en el proyecto minero Dolores se realizó del 28 de febrero al 4 de marzo del 2004, obteniendo datos para el procesamiento y cumplimiento de los términos de referencia arriba señalados para este tipo de estudios. Considerando que los muestreos se realizaron durante el invierno, la identificación de especies y el inventario resultante fue sobre especies perennes donde las anuales fueron descartadas en su identificación. Las características revisadas de flora y vegetación se detallan más adelante.

Los tipos de vegetación presentes en el área de estudio se delimitaron con base en la consulta bibliográfica de la región de Madera, Chihuahua, la cartografía temática disponible, el Atlas Nacional de México, la clasificación de varios autores, así como la verificación en campo para comprobar la coincidencia de tales arreglos entre especies. La revisión de los tipos de vegetación en el área de estudio fueron identificados con base en la consulta bibliográfica apropiada para la región, como son la clasificación de varios autores en los que se incluyen: Rzedowsky (1966, 1978, 1981), Rzedowsky y Reyna-Trujillo (1990), COTECOCA (1986), Brown (1982), Diario Oficial de la Federación (1996), Martínez (1987), y la cartografía disponible de INEGI relativa a la temática "Uso del Suelo y Vegetación", escala 1:250,000, clave H12-12, titulada Tecoripa (INEGI, 1984). A nivel local se empleó el manejo de ortofotos digitales escala 1:20,000, claves H12D48e, H12D58a y H12D58b (INEGI, 1994) y la verificación de campo para determinar las superficies naturales y perturbadas. Se presenta una breve descripción de los tipos vegetativos presentes con el propósito de comprender el arreglo florístico existente en el proyecto minero.

Adicionalmente, se realizaron recorridos de campo y muestreo sistemático que permitieron corroborar la información recopilada, así como registrar aquellas especies cuyas poblaciones son reducidas en número, cobertura o distribución y que las técnicas de muestreo no permiten su registro. El inventario se enriqueció durante la medición de parámetros poblacionales, permitiendo corroborar la información obtenida, así como reforzar la nomenclatura científica cuando se localizaban individuos con mejores estructuras de identificación taxonómica.



Foto IV.11 Desempeño en campo en la descripción de la vegetación del proyecto minero Dolores.

La identificación de las especies vegetales se realizó en campo, utilizando como material de apoyo la bibliografía indicada para los tipos vegetativos ya citados y por la comparación de formas vegetales con mejores estructuras en sitios del área de influencia del proyecto. Bibliografía adicional a la citada en los arreglos de vegetación de apoyo en la identificación taxonómica fueron: *The Agave Family in Sonora* (1972), *Gramíneas de Sonora* (1991), *Plants of Arizona* (1995), *Arizona Flora* (1951), *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert* (1964) y *Martínez* (1981). La nomenclatura de ejemplares sigue a *Lehr* (1978) y a *Kearney and Peebles* (1951). El nombre común fue proporcionado por los lugareños de Dolores, de Arroyo Amplio y de la ciudad de Madera, así como del listado de las Especies Mexicanas de *Martínez* (1987). La presentación del arreglo de la información incluye el nombre de la familia taxonómica, nombre científico y común para cada una de las especies.

En la descripción del perfil estratigráfico vertical de la flora presente en el proyecto, se determinó para cada especie la forma de vida y se empleó la clasificación de *Rzedowsky* (1978), donde las formas involucradas son: arbórea, arbustiva, herbácea, cactus o suculentas y pastos. Se registró el número de especies por estrato y se distribuyeron en porcentaje respecto del total para conocer las proporciones de las formas de vida presentes.

El análisis de los parámetros poblacionales fue realizado para el área de proyecto en los espacios con cobertura natural sin perturbación, y tomando en cuenta las áreas que serán afectadas directamente por la ejecución del proyecto. Para lo anterior, se realizó un muestreo cuantitativo de las diferentes asociaciones vegetales presentes en el área de proyecto, donde en total se muestrearon 212 lotes de 50 x 50 m (dimensiones del lote producto de la revisión del área mínima de muestreo más adelante descrita, y cubriendo todo el perfil estratigráfico del lugar) cubriendo una superficie estimada en 53 ha, con una intensidad de muestreo del área natural a ocuparse en las obras mineras de 15.65%. Los muestreos de vegetación se realizaron en forma aleatoria y dirigida. Aleatoria en términos del sitio de muestreo y dirigida de acuerdo a las diferentes áreas destinada a obras del proyecto, de acuerdo a la tabla IV.15. Los puntos fueron ubicados en cartografía y se

tomaron las coordenadas de los mismos con GPS Garmin en campo para el diseño del plano temático de vegetación (ver figura IV.17 sobre tipos de vegetación). Los resultados obtenidos fueron valores de densidad, dominancia y frecuencia totales y relativas para determinar el valor de importancia (Müller-Dumbois & Ellenberg, 1974; Franco, 1991).

Tabla IV.15 Superficies consideradas en el estudio de vegetación del proyecto minero Dolores.

| Área | Superficie (ha) | Superficie de terreno natural (ha) ^(a) | | | Superficie de terreno perturbado (ha) ^(b) |
|--|-----------------|---|---------------------------|------------------|--|
| | | Superficie total (ha) | Matorral subinermepaleras | Bosque de encino | |
| Terrero Norte | 41.20 | 29.18 | 13.11 | 16.07 | 12.02 |
| Terrero Oeste | 30.16 | 21.11 | 0.00 | 21.11 | 9.05 |
| Terrero Sur | 62.63 | 41.07 | 34.25 | 6.82 | 21.56 |
| Terrero Este y relleno sanitario | 121.05 | 70.40 | 44.87 | 25.53 | 50.66 |
| Tajo | 96.50 | 49.10 | 23.67 | 25.43 | 47.40 |
| Patios, planta y oficinas, caminos asociados y almacén de explosivos | 159.94 | 117.58 | 117.58 | 0.00 | 42.36 |
| Bordo contención y área de inundación Chabacán | 11.27 | 6.15 | 6.15 | 0.00 | 5.11 |
| Total mina | 522.75 | 334.59 | 239.63 | 94.96 | 188.16 |
| Superficie adicional (áreas entre obras) | 72.08 | 51.11 | 46.70 | 4.41 | 20.97 |
| Superficie total | 594.83 | 385.70 | 286.33 | 99.37 | 209.13 |

(a) Se compone de bosque de encino, matorral subinermepaleras y vegetación rala (escasa)

(b) Se compone de áreas abiertas, clareos y desmontes, brechas y el acomodo del poblado actual.

Se identificaron los usos de las especies de acuerdo con información de pobladores de Dolores y se complementó con el conocimiento previo de las especies. Para caracterizar el estado de conservación de la flora en el proyecto, se describe la superficie natural y perturbada del sitio y se describen los usos actuales del lugar.

Finalmente, derivado del inventario florístico total del sitio, se comparó el listado obtenido con la Norma Oficial NOM-059-SEMARNAT-2001 (D.O.F., 2002) que indica las especies nativas de México de flora y fauna silvestre, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, para dar cumplimiento al apartado de especies enlistadas en la Norma, de acuerdo a los términos de referencia.

Tipos de vegetación en el área de estudio

El área de estudio se ubica en el Reino Florístico Holártico. De acuerdo a la división florística de Rzedowsky (1978), el proyecto se encuentra dentro de la Región Xerófila Mexicana. Por su parte, la CONABIO (Rzedowsky, J. y Reyna-Trujillo, 1990) indica que la zona de interés se ubica dentro de la División Florística de Sierra Madre Occidental, basada en el análisis de afinidades geográficas de la flora de diferentes regiones del país, en los coeficientes de similitud establecidos entre estas floras, en las áreas de distribución general de las plantas vasculares del territorio y en la concentración de endemismos existentes en el mismo. Según COTECOCA (1986) el tipo de vegetación predominante en el área corresponde al tipo de matorral subinermepaleras que prevalece en zonas áridas y semiáridas, y de bosque de encino.

Finalmente, la cartografía de INEGI (Tecoripa, H12-12; en SPP, 1984), muestra que en el área de estudio domina el bosque de encino, con escasos manchones de pastizal inducido. Con estas descripciones y localizaciones temáticas, apoyada con la verificación de campo, se construyó el plano de tipos de vegetación del proyecto que se muestra en la figura IV.17.

El sitio de estudio presenta matorral subinerme, con amplias áreas de nopaleras, que ocupa una superficie de 286.33 ha, y bosque de encino en 99.38 ha que serán ocupadas por el proyecto minero Dolores. El pastizal inducido es muy escaso y se confunde con áreas ocupadas por las viviendas de Dolores, sitios abiertos y perturbados, caminos, basurones, etc., que acumulan una superficie perturbada de 209.59 ha por estar la mayoría de estos sitios de pastizales inducidos, abandonados de tiempo atrás, efecto lógico del bajo valor de vocación agrícola y pecuaria del lugar.

Bosque de encino

Localmente, existe bosque de encino en el proyecto minero Dolores, presentándose con arreglo stratigráfico mayormente arbóreo, por lo común con poca variación de especies. Este tipo de vegetación se encuentra generalmente en las zonas cerriles del proyecto ocupando una superficie total estimada en 99.38 ha dentro de la superficie natural a ser ocupada de manera permanente en las obras mineras.

Dentro de este arreglo boscoso existen varios subtipos, presentándose en el predio del proyecto minero el bosque de encino, que de acuerdo a INEGI este tipo de vegetación es una comunidad vegetal caracterizada por árboles del género *Quercus*. El arbolado dominante está compuesto por encinos (*Quercus durifolia*, *Quercus viminea*, *Quercus rugosa*), táscate (*Juniperus arizonica*) y madroño (*Arbutus arizonica*). Aun cuando el proyecto queda fuera del arreglo vegetativo de pinos, algunas especies de este grupo, como *Pinus engelmannii* y *Pinus douglasiana*, se mezclan en el bosque de encino influenciado por los arreglos vegetativos vecinos al polígono en estudio. Cabe aclarar que especies de pino no se localizaron en las áreas que serán afectadas directamente por las obras mineras.

Matorral subinerme-nopaleras

Gran parte del arreglo del matorral subinerme del área, debe estar influenciado por el tipo vegetativo que existe a los alrededores del polígono en estudio conformado de selva baja subcaducifolia. Destacamos desde la verificación de campo que el arreglo de matorral está localizado en las partes más bajas del proyecto y en las exposiciones sur del área en estudio.

Por tal razón en el área sólo se encuentran algunas especies de ese tipo de vegetación, las cuales se mezclan con las especies de los bosques, ocasionando que se encuentren ecotonos muy característicos y específicos aún dentro de los mismos arreglos del proyecto minero. Podemos encontrar especies como encino (*Quercus durifolia*), agrito (*Rhus trilobata*), cedro blanco (*Cupressus arizonica*), palmilla (*Yuca whipplei*), sotol (*Dasyllirion wheeleri*), jarilla (*Senecio salignus*), nopal (*Opuntia phaeacantha*), huizache (*Acacia farnesiana*), etc. y prácticamente todo el listado de herbáceas y pastos inventariados del sitio.

Pastizal cultivado

Respecto a sitios de pastizales, éstos fueron mayormente inducidos y algunas zonas con este arreglo vegetativo, se encuentran dentro del área en estudio y es una comunidad vegetal herbácea caracterizada por la dominancia de especies gramíneas propias de la zona, básicamente de los géneros *Panicum* y *Muhlebergia*. Son áreas muy reducidas, que básicamente se encuentran mezcladas con los tipos de vegetación mencionados en los párrafos anteriores (bosque de encino y matorral subinerme).

Prácticamente nulas son las tierras que se dedican a la agricultura, totalmente estacionales y ocasionales en su ocupación, mayormente dentro de los lotes de viviendas de la localidad de Dolores ocupando reducidas superficies de pendientes suaves.



Foto IV.12 Bosque de encino en los alrededores del sitio Arroyo Amplio.



Foto IV.13 Arreglo de bosque encino pino colindante al extremo Oeste del proyecto.



Foto IV.14 Áreas donde se aprecia la afectación del terreno por actividades como el sobrepastoreo y donde las nopaleras han alcanzado el mayor valor de importancia.

Figura IV.17 Tipos de vegetación

Composición florística

En el área de estudio se identificaron un total de 93 especies florísticas perennes. Dichas especies se agrupan dentro de 40 Familias taxonómicas, destacando que 7 Familias comprenden el 50% de las especies presentes. Las Familias más importantes en el área de estudio son en orden: Poaceae con 11 especies (11.83% del total), Fagaceae con 8 especies, Cactaceae con 7 especies, Compositae y Agavaceae con 6 especies cada una y Fabaceae y Asteraceae con 4 especies cada una. En la siguiente tabla se muestra el inventario florístico del proyecto minero Dolores y área de influencia.

Tabla IV.16 Listado florístico del área de estudio

| Familia | Nombre científico | Nombre Común | | | | | |
|----------------|--|---------------------|-------|---------|---------------------|----------|-------|
| | | | Arbol | Arbusto | Craso/ Suculenta | Herbácea | Pasto |
| Acaraceae | <i>Acer grandidentatum</i> | Arce o aliso | 1 | | | | |
| Agavaceae | <i>Agave lechuguilla</i> | Lechuguilla | | | 1 | | |
| Agavaceae | <i>Agave parryi</i> | Magüey | | | 1 | | |
| Agavaceae | <i>Nolina sp</i> | nolina | | | | 1 | |
| Agavaceae | <i>Yucca madrensis</i> | Palmilla | | 1 | | | |
| Agavaceae | <i>Yucca rigida</i> | Sotol | | 1 | | | |
| Agavaceae | <i>Yucca whipplei</i> | Palmilla | | 1 | | | |
| Anacardiaceae | <i>Rhus trilobata</i> | Agrito | | 1 | | | |
| Apocynaceae | <i>Plumeria rubra</i> | Cascalosuchil | 1 | | | | |
| Asteraceae | <i>Ambrosia cordifolia</i> | Chicurilla | | | | 1 | |
| Asteraceae | <i>Montanoa patens</i> | Batayaqui | | 1 | | | |
| Asteraceae | <i>Senecio salignus</i> | Jarilla | | | | 1 | |
| Asteraceae | <i>Zinnia angustifolia</i> | Zinnia | | | | 1 | |
| Bignoniaceae | <i>Tecoma stans</i> | Gloria amarilla | | | | 1 | |
| Bromeliaceae | <i>Tillandsia benthamiana</i> | Heno | | | | 1 | |
| Cactaceae | <i>Echinocactus sp</i> | Biznaga | | | 1 | | |
| Cactaceae | <i>Echinocereus triglochidiatus</i> | Biznaga | | | 1 | | |
| Cactaceae | <i>Ferocactus crassihamatus</i> | Biznaga | | | 1 | | |
| Cactaceae | <i>Ferocactus latispinus</i> | Cactácea | | | 1 | | |
| Cactaceae | <i>Opuntia spp</i> | sibiri | | | 1 | | |
| Cactaceae | <i>Opuntia phaeacantha</i> | Nopal | | | 1 | | |
| Cactaceae | <i>Thelocactus heterochromus</i> | Cactus | | | 1 | | |
| Chenopodiaceae | <i>Atriplex canescens</i> | Costilla de vaca | | | | 1 | |
| Chenopodiaceae | <i>Chenopodium berlandieri</i> | Quelite | | | | 1 | |
| Chenopodiaceae | <i>Chenopodium graveolens</i> | Hierba del zorrillo | | | | 1 | |
| Chenopodiaceae | <i>Commelina coelestis</i> | Hierba del pollo | | | | 1 | |
| Compositae | <i>Cirsium arvense</i> | Cardosanto | | | | 1 | |
| Compositae | <i>Franseria (Ambrosia) ambrosioides</i> | Chicura | | | | 1 | |
| Compositae | <i>Gnaphalium spp.</i> | Gordolobo | | | | 1 | |
| Compositae | <i>Helianthus laciniatus</i> | Girasol silvestre | | | | 1 | |
| Compositae | <i>Taraxacum officinale</i> | Diente de león | | | | 1 | |
| Compositae | <i>Vigiera linearis</i> | Romerillo | | | | 1 | |
| Convulvalaceae | <i>Dichondra argentea</i> | Oreja de ratón | | | | 1 | |
| Convulvalaceae | <i>Evolvulus arizonicus</i> | Manto | | | | 1 | |
| Cruciferaeae | <i>Brassica campestris</i> | Coles | | | | 1 | |
| Cupressaceae | <i>Cupressus arizonica</i> | Cedro blanco | 1 | | | | |
| Cupressaceae | <i>Juniperus arizonica</i> | Táscate | 1 | | | | |
| Cupressaceae | <i>Juniperus deppeana</i> | Táscate | 1 | | | | |
| Cyperaceae | <i>Cyperus lanceolatus</i> | Zacate grulla | | | | | 1 |
| Ericaceae | <i>Arbustus arizonica</i> | Madroño | 1 | | | | |
| Ericaceae | <i>Arctostaphylos pungens</i> | Manzanita | 1 | | | | |

... Continuación de la tabla IV.16 Listado florístico del área de estudio

| Familia | Nombre científico | Nombre Común | Arbol | Arbusto | Craso/ Suculenta | Herbácea | Pasto |
|---------------|---------------------------------|--------------------|-------|---------|---------------------|----------|-------|
| Fabaceae | <i>Acacia farnesiana</i> | Vinorama, huizache | 1 | | | | |
| Fabaceae | <i>Acacia pennatula</i> | Algarobo | | 1 | | | |
| Fabaceae | <i>Caesalpinia gracilis</i> | Vara prieta | | 1 | | | |
| Fabaceae | <i>Lupinus sparsiflorus</i> | Lupino | | | | 1 | |
| Fagaceae | <i>Quercus albocincta</i> | Encino brillante | 1 | | | | |
| Fagaceae | <i>Quercus arizonica</i> | encino | 1 | | | | |
| Fagaceae | <i>Quercus chihuahuensis</i> | encino manzano | 1 | | | | |
| Fagaceae | <i>Quercus durifolia</i> | Encino rojo | 1 | | | | |
| Fagaceae | <i>Quercus oblongifolia</i> | Encino azul | 1 | | | | |
| Fagaceae | <i>Quercus rugosa</i> | Encino blanco | 1 | | | | |
| Fagaceae | <i>Quercus viminea</i> | Encino | 1 | | | | |
| Fagaceae | <i>Robinia neomexicana</i> | Acacia | | 1 | | | |
| Geraniaceae | <i>Geranium wislizeni</i> | Geranio | | | | 1 | |
| Graminae | <i>Eragrostis silveana</i> | pasto llorón | | | | | 1 |
| Graminae | <i>Zea mays</i> | maíz | | 1 | | | |
| Labiatae | <i>Hedeoma patens</i> | Orégano | | | | 1 | |
| Lamiaceae | <i>Monarda austromontana</i> | Orégano | | | | 1 | |
| Leguminosae | <i>Phaseolus vulgaris</i> | frijol | | 1 | | | |
| Leguminosae | <i>Prosopis glandulosa</i> | Mezquite | 1 | | | | |
| Liliaceae | <i>Dasylirion sp</i> | sotol | | 1 | | | |
| Liliaceae | <i>Dasylirion wheeleri</i> | Sotol | | 1 | | | |
| Loganiaceae | <i>Buddleia cordata</i> | Teposan | | 1 | | | |
| Malvaceae | <i>Anoda cristata</i> | Violeta del campo | | | | 1 | |
| Mimosaceae | <i>Mimosa sp.</i> | Uña de gato | | 1 | | | |
| Moraceae | <i>Ficus trigonata</i> | Capulín | | 1 | | | |
| Oleaceae | <i>Fraxinus cuspidata</i> | Fresno | 1 | | | | |
| Papaveraceae | <i>Argemone mexicana</i> | Cardo | | | | 1 | |
| Pinaceae | <i>Pinus douglasiana</i> | Pino prieto | 1 | | | | |
| Pinaceae | <i>Pinus engelmannii</i> | Pino real | 1 | | | | |
| Polygonaceae | <i>Rumex crispus</i> | Lengua de vaca | | | | 1 | |
| Poaceae | <i>Aristida ternipes</i> | zacate tres barbas | | | | | 1 |
| Poaceae | <i>Bouteloua hirsuta</i> | zacate | | | | | 1 |
| Poaceae | <i>Bouteloua radicata</i> | Zacate | | | | | 1 |
| Poaceae | <i>Heteropogon melanocarpus</i> | Zacate | | | | | 1 |
| Poaceae | <i>Lasiacis ruscifolia</i> | Zacate | | | | | 1 |
| Poaceae | <i>Muhlenbergia brevis</i> | Zacate | | | | | 1 |
| Poaceae | <i>Muhlenbergia emersleyi</i> | mulín | | | | | 1 |
| Poaceae | <i>Panicum huachucae</i> | Zacate | | | | | 1 |
| Poaceae | <i>Panicum virgatum</i> | Zacate | | | | | 1 |
| Poaceae | <i>Paspalum cetaceum</i> | Zacate | | | | | 1 |
| Poaceae | <i>Tripsacum lanceolatum</i> | Zacate | | | | | 1 |
| Polypodiaceae | <i>Cheilanthes feei</i> | Helecho | | | | 1 | |
| Polypodiaceae | <i>Pteridium aquilinum</i> | Helecho | | | | 1 | |
| Portulacaceae | <i>Portulaca oleraceae</i> | Verdolaga | | | | 1 | |
| Rhamnaceae | <i>Adolphia infesta</i> | Junco | | 1 | | | |
| Rhamnaceae | <i>Ceanothus fendleri</i> | Huichaboco | | | | 1 | |
| Rosaceae | <i>Fragaria mexicana</i> | Fresa silvestre | | 1 | | | |
| Rosaceae | <i>Pronus sp.</i> | Cerezo silvestre | | 1 | | | |
| Rubiaceae | <i>Bouvardia parviglumis</i> | ramillete | | | | 1 | |
| Solanaceae | <i>Datura meteloides</i> | Toloache | | | | 1 | |
| Solanaceae | <i>Nicotiana glauca</i> | Tabaquillo | | | | 1 | |
| Vitaceae | <i>Vitis sp.</i> | Uva silvestre | | 1 | | | |

De esta manera, destaca el siguiente arreglo taxonómico por familias presentes:

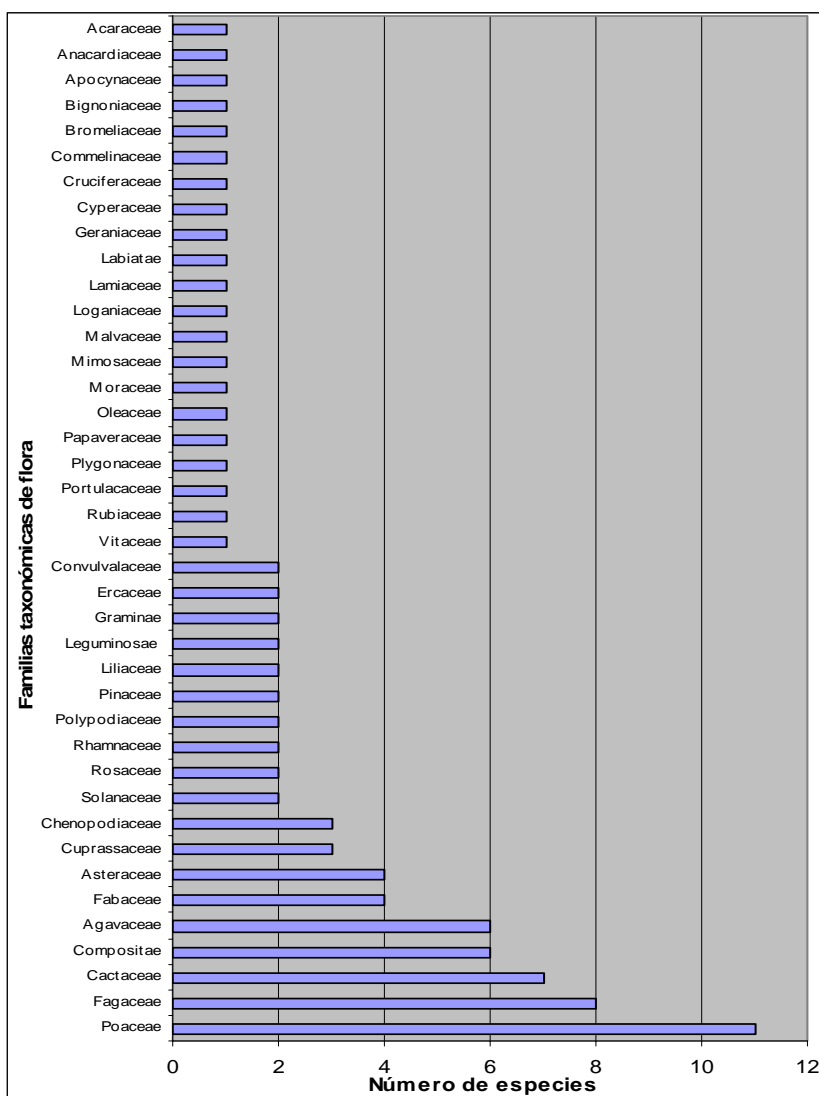


Figura IV.18 Representación de las familias taxonómicas en el área de estudio.

Estructura de la Vegetación

En el área de estudio, se presentan condiciones topográficas cuya interacción con las características edafológicas y altitudinales del terreno, entre otros, influyen en los diferentes estratos de las comunidades vegetales, así como de la forma biológica. Por lo que, las formas biológicas más comunes son arbórea, arbustiva, herbácea, cactus y/o suculentas y pastos. Las alturas pueden presentar diferencias aun entre los mismos individuos independientemente de su forma biológica. La vegetación en el área del proyecto y zona circundante presenta una altura promedio de 1.1 m, aunque varias especies sobrepasan los 6.0 m.

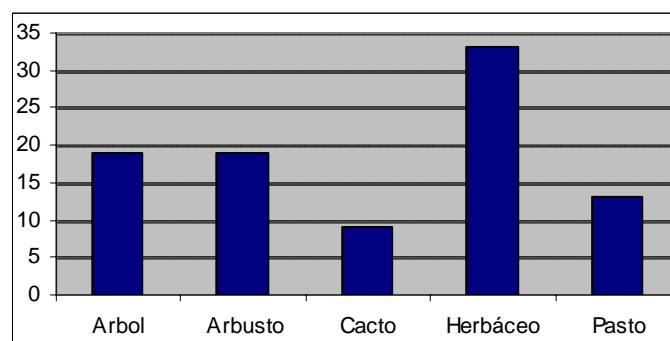
Con el propósito de conocer los diferentes estratos, se registró en las áreas muestrales de las diferentes zonas del proyecto, la altura de las especies y se promedió entre sí, para conocer la estructura de su perfil de altura, en relación con las diversas formas de crecimiento de las especies. Algunas especies presentes en el listado florístico no entraron en los muestreos porque no son comunes en el área en cuanto a número de individuos, pero

sin embargo se trató de tomar al menos 10 especímenes de ellas y medirlas para incluirlas en este perfil.

Aun cuando separamos a los cactus de los arbustos o herbáceas y a los pastos de las herbáceas, esta clasificación es coincidente con los tipos vegetativos de acuerdo a Rzedowsky (1981). Se registró el número de especies por estrato y se distribuyeron en porcentaje para conocer las formas de vida presentes y la abundancia de las mismas. Los valores considerados para los diferentes estratos son los siguientes:

Tabla IV.17 Estratificación vertical de las especies presentes en el área de estudio y esquema de representación.

| Estrato | No. de Especies | % del total |
|------------------|-----------------|-------------|
| Arbol | 19 | 26.88 |
| Arbusto | 19 | 26.88 |
| Cacto/suculentas | 9 | 7.53 |
| Herbáceo | 33 | 37.63 |
| Pasto | 13 | 9.68 |



De los cinco estratos distinguidos en el perfil estratigráfico de las especies en el proyecto minero Dolores, el herbáceo es el más dominante con 33 especies (37.63% del total), seguido por igual por árboles y arbustos con 19 especies cada uno, equivalentes en cada caso al 26.88% del total; siguen los pastos con 13 especies (9.68%) y finalmente los cactus o crasas suculentas con 9 especies (7.53%), que por morfología y forma de crecimiento fueron separados de los otros estratos.

Índice de diversidad

El análisis de la diversidad florística de las asociaciones vegetales presentes en el área del proyecto se realizó utilizando el Índice de Similaridad de Jaccard. Considerando que muchas de las especies identificadas existen en 2 o más asociaciones vegetales, el análisis se obtuvo comparando las asociaciones existentes (matorral subinerm-nopalera y bosque de encino), así como pastizal inducido registrado por INEGI (SPP, 1984) en diferentes combinaciones. Este índice se basa en la presencia-ausencia de las relaciones bajo el número de especies en común en dos o más comunidades y el número total de especies. Este índice puede ser usado para comparar floras de grandes áreas o comparar sitios de vegetación reducidos (Mueller-Dombois, 1974). La fórmula empleada fue la siguiente:

$$I_s = \text{especies en común} / \text{total de especies en a+b} \times 100$$

De esta manera resulta lo especificado en la tabla IV.18.

Tabla IV.18 Estimación del Índice de Similaridad de Jaccard para las comunidades vegetales del área del proyecto.

| Tipo de Vegetación | # spp | Matorral subinerm-nopalera | Bosque de encino | Pastizal inducido |
|----------------------------|-----------|----------------------------|------------------|-------------------|
| | | 88 | 56 | 13 |
| Matorral subinerm-nopalera | 88 | | 34.028 | 2.97 |
| Bosque de encino | 56 | | | 5.797 |
| Pastizal inducido | 13 | | | |

El índice de similitud más alto entre los tipos de vegetación presentes en el área bajo estudio es para el matorral subinerme-nopalera y bosque de encino en un 34.028%, seguido de lejos por un 5.79% entre el bosque de encino y el pastizal inducido.

Parámetros poblacionales en el área de estudio

Se evaluaron los parámetros poblacionales por áreas dentro de la superficie del sitio del proyecto minero Dolores. Para ello fue necesario determinar el área mínima de muestreo de acuerdo a lo siguiente:

Área mínima de muestreo

Para el estudio cuantitativo de la composición florística del proyecto minero Dolores se seleccionó un tamaño de muestra representativa para las comunidades vegetales. Antes de realizar cualquier estudio, se debe identificar el área mínima de muestreo, la cual se define como el área más pequeña que representa adecuadamente la composición de especies de la comunidad (Franco. 1991). El método empleado para determinar el área mínima en el campo fue el de los puntos anidados (Müller-Dumbois & Ellenberg, 1974).

El tamaño de lotes resultante por este método se multiplicó por el número necesario de éstos hasta lograr cubrir al menos el 10% de la superficie natural revisada con el propósito de que el esfuerzo de muestreo fuera confiable.

Tabla IV.19 Número de especies en los diferentes lotes para la determinación de áreas mínimas de muestreo.

| Tamaño del lote (m) | Terrero Este y relleno sanitario | Terrero Sur | Patios, planta oficinas, caminos asociados y almacén de explosivos | Terrero Norte | Bordo contención y área de inundación Chabacán | Terrero Oeste | Tajo |
|---------------------|----------------------------------|-------------|--|---------------|--|---------------|-----------|
| 5 x 5 | 4 | 3 | 21 | 34 | 4 | 13 | 8 |
| 10 x 10 | 6 | 11 | 26 | 36 | 8 | 15 | 19 |
| 20 x 20 | 11 | 14 | 24 | 39 | 13 | 18 | 21 |
| 50 x 50 | 21 | 19 | 32 | 41 | 16 | 21 | 26 |
| 80 x 80 | 21 | 19 | 32 | 41 | 16 | 21 | 26 |

Nota: Se muestran en negritas los resultados en que el número de especies se mantuvo constante indicando un tamaño de lote adecuado

Así pues, el área mínima quedó evidenciada en la prueba anterior donde los sitios de muestreo fueron ubicados y agrupados de conformidad a las obras que promueve la Compañía Minera Dolores S.A. de C.V. quedando en las áreas que a continuación se destacan.

Parámetros poblacionales de las Especies

El área de estudio está marcadamente diferenciada en bosque de encino y matorral subinerme-nopalera, en la totalidad de la cobertura natural destinada al proyecto minero Dolores, tal como se explicó en el apartado relativo a tipos de vegetación. Ambas comunidades presentan áreas muy abiertas, evidenciado esto por los altos valores de importancia de pastos, mayormente en el tipo de bosque de encino. En lo que respecta al matorral subinerme-nopalera son totalmente dominantes las especies de vinorama (*Acacia farnesiana*), nopal (*Opuntia phaeacantha*) y romerillo (*Vigiera linearis*).

En los sitios destinados a terrero Este y relleno sanitario se encuentran los tipos vegetativos de bosque de encino y de matorral subinerme-nopalera, mayormente dominado por matorral subinerme-nopalera en 44.87 ha, con respecto a las 25.53 ha del bosque de encino. En el área de bosque de encino, está presente el encino blanco (*Quercus rugosa*) con

el 19.17% del valor de importancia del lugar, siendo junto con el táscate (*Juniperus arizonica*) y vinorama (*Acacia farnesiana*), las únicas especies presentes del estrato arbóreo. Dominan entonces los pastos (*Bouteloua radicata* y *Panicum virgatum*) en valor de importancia con más del 50% del total de especies involucradas. En este mismo sitio del terrero Este y relleno sanitario, en el arreglo de matorral subinermé y nopaleras, las especies que aportan más del 80% del valor de importancia del lugar son la arbórea vinorama (*Acacia farnesiana*), el romerillo (*Vigiera linearis*) y la jarilla (*Senesio salignus*).



Foto IV.16 Arreglo del paisaje destinado a terrero Este.

Tabla IV.20 Parámetros poblacionales del área destinada a terrero Este y relleno sanitario del proyecto minero Dolores.

| NOMBRE COMUN | NOMBRE CIENTIFICO | DENSIDAD RELATIVA (%) | DOMINANCIA RELATIVA (%) | FRECUENCIA RELATIVA (%) | VALOR DE IMPORTANCIA |
|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| BOSQUE DE ENCINO | | | | | |
| Encino blanco | <i>Quercus rugosa</i> | 5.49 | 4.33 | 9.35 | 19.17 |
| Heno | <i>Tillandsia benthamiana</i> | 18.28 | 19.44 | 15.49 | 53.22 |
| Lechuguilla | <i>Agave lechuguilla</i> | 0.76 | 0.76 | 0.51 | 2.03 |
| Nopal | <i>Opuntia phaecantha</i> | 8.46 | 8.20 | 5.63 | 22.30 |
| Romerillo | <i>Vigiera linearis</i> | 2.42 | 2.76 | 1.02 | 6.20 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 0.60 | 0.88 | 0.26 | 1.74 |
| Tascate | <i>Juniperus arizonica</i> | 6.95 | 7.20 | 3.33 | 17.48 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 9.37 | 9.11 | 4.61 | 23.09 |
| Zacate | <i>Bouteloua radicata</i> | 43.67 | 41.80 | 41.10 | 126.58 |
| Zacate | <i>Panicum virgatum</i> | 3.99 | 4.90 | 18.69 | 27.58 |
| MATORRAL SUBINERME - NOPALERA | | | | | |
| Cardosanto | <i>Cirsium arvense</i> | 1.21 | 1.23 | 0.92 | 3.37 |
| Chicura | <i>Franseria ambrosioides</i> | 1.08 | 1.30 | 2.15 | 4.53 |
| Gordolobo | <i>Gnaphalium spp</i> | 0.34 | 0.44 | 1.54 | 2.32 |
| Hierba de zorrillo | <i>Chenopodium graveolens</i> | 0.07 | 0.06 | 0.31 | 0.44 |
| Huichaboco | <i>Ceanothus fendleri</i> | 0.07 | 0.06 | 0.31 | 0.44 |
| Jarilla | <i>Senesio salignus</i> | 1.62 | 1.55 | 7.38 | 10.55 |
| Lupino | <i>Lupinus sparsiflorus</i> | 0.27 | 0.34 | 1.23 | 1.84 |
| Maguey | <i>Agave parryi</i> | 0.34 | 0.34 | 1.54 | 2.22 |
| Manto | <i>Evolvulus arizonicus</i> | 0.81 | 1.20 | 1.54 | 3.55 |
| Nopal | <i>Opuntia phaecantha</i> | 1.75 | 1.44 | 3.08 | 6.27 |

| | | | | | |
|-----------|-------------------------------------|-------|-------|-------|---------------|
| Oregano | <i>Hedeoma patens</i> | 0.94 | 0.12 | 4.31 | 5.37 |
| Palmilla | <i>Yucca spp</i> | 0.07 | 0.06 | 0.31 | 0.44 |
| Romerillo | <i>Vigieria linearis</i> | 24.33 | 26.70 | 19.08 | 70.10 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 0.20 | 0.06 | 0.92 | 1.19 |
| Teposan | <i>Buddleia cordata</i> | 0.07 | 0.06 | 0.31 | 0.44 |
| Toloache | <i>Datura meteloides</i> | 0.07 | 0.06 | 0.92 | 1.05 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 66.51 | 63.50 | 50.15 | 180.16 |
| Visnaga | <i>Echinocereus triglochidiatus</i> | 0.07 | 0.06 | 3.69 | 3.82 |
| Zinnia | <i>Zinnia angustifolia</i> | 0.20 | 1.34 | 0.31 | 1.85 |

Nota: En la columna "Valor de importancia" se muestran en negritas las especies de mayor valor en el sitio muestreado.

En el área destinada a terrero Sur en el arreglo vegetativo de bosque de encino está presente el encino blanco (*Quercus rugosa*) con apenas 24.92% del valor de importancia del lugar, mientras que los pastos (*Bouteloua radicata* y *Panicum virgatum*) y el helecho (*Pteridium aquilinum*) aportan más del 50% del valor.

En este mismo sitio pero en el matorral subinermes-nopalera, la vinorama (*Acacia farnesiana*), con 174.8 de valor de importante, el nopal (*Opuntia phaeacantha*) con 73.61 de importancia en el sitio y el romerillo (*Vigieria linearis*) con 25.31 unidades de importancia dominan el paisaje del sitio.

Tabla IV.21 Parámetros poblacionales del área destinada a terrero Sur del proyecto minero Dolores.

| NOMBRE COMUN | NOMBRE CIENTIFICO | DENSIDAD RELATIVA (%) | DOMINANCIA RELATIVA (%) | FRECUENCIA RELATIVA (%) | VALOR DE IMPORTANCIA |
|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| BOSQUE DE ENCINO | | | | | |
| Encino blanco | <i>Quercus rugosa</i> | 11.45 | 7.80 | 5.66 | 24.92 |
| Helecho | <i>Pteridium aquilinum</i> | 14.94 | 12.45 | 14.11 | 41.50 |
| Heno | <i>Tillandsia benthamiana</i> | 11.84 | 3.45 | 9.76 | 25.05 |
| Lechuguilla | <i>Agave lechuguilla</i> | 0.66 | 0.45 | 0.44 | 1.55 |
| Magüey | <i>Agave parryi</i> | 0.00 | 0.05 | 0.09 | 0.14 |
| Nopal | <i>Opuntia phaeacantha</i> | 7.91 | 7.20 | 6.27 | 21.38 |
| Palmilla | <i>Yucca spp</i> | 0.00 | 0.01 | 0.78 | 0.79 |
| Romerillo | <i>Vigieria linearis</i> | 1.66 | 2.66 | 1.66 | 5.98 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 0.83 | 0.08 | 0.78 | 1.69 |
| Tascate | <i>Juniperus arizonica</i> | 4.92 | 3.87 | 2.79 | 11.58 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 13.45 | 12.98 | 8.45 | 34.88 |
| Zacate | <i>Bouteloua radicata</i> | 14.61 | 15.7 | 13.41 | 43.72 |
| Zacate | <i>Panicum virgatum</i> | 17.04 | 19.8 | 15.85 | 52.70 |
| Zacate | <i>Paspalum cetaceum</i> | 0.61 | 8.54 | 10.28 | 19.43 |
| Zacate papalillo | <i>Muhlenbergia brevis</i> | 0.11 | 4.5 | 9.67 | 14.28 |
| MATORRAL SUBINERME - NOPALERA | | | | | |
| Cardosanto | <i>Cirsium arvense</i> | 0.10 | 0.24 | 0.38 | 0.72 |
| Gordolobo | <i>Gnaphalium spp</i> | 0.20 | 0.48 | 0.76 | 1.44 |
| Hierva de zorrillo | <i>Chenopodium graveolens</i> | 0.05 | 0.12 | 0.19 | 0.36 |
| Huichaboco | <i>Ceanothus fendleri</i> | 0.05 | 0.12 | 0.19 | 0.36 |
| Lechuguilla | <i>Agave lechuguilla</i> | 0.69 | 1.01 | 1.33 | 3.03 |
| Lupino | <i>Lupinus sparsiflorus</i> | 0.20 | 0.48 | 0.76 | 1.44 |
| Magüey | <i>Agave parryi</i> | 0.50 | 1.10 | 1.71 | 3.31 |
| Manto | <i>Evolvulus arizonicus</i> | 0.30 | 0.72 | 1.14 | 2.15 |
| Nopal | <i>Opuntia phaeacantha</i> | 19.85 | 24.54 | 29.22 | 73.61 |
| Romerillo | <i>Vigieria linearis</i> | 9.28 | 8.44 | 7.59 | 25.31 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 2.08 | 3.03 | 3.98 | 9.10 |
| Tascate | <i>Juniperus arizonica</i> | 0.30 | 0.62 | 0.95 | 1.87 |
| Toloache | <i>Datura meteloides</i> | 0.10 | 0.24 | 0.38 | 0.72 |
| Vara prieta | <i>Caesalpinia gracilis</i> | 0.20 | 0.48 | 0.76 | 1.44 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 66.06 | 58.27 | 50.47 | 174.80 |
| Zinnia | <i>Zinnia angustifolia</i> | 0.05 | 0.12 | 0.19 | 0.36 |

Nota: En la columna "Valor de importancia" se muestran en negritas las especies de mayor valor en el sitio muestreado.



Foto IV.17 Arreglo típico del espacio destinado a terrero Sur.

Con respecto a la áreas destinadas a patios, planta y oficinas, caminos asociados y almacén de explosivos del proyecto minero Dolores, sólo existe el arreglo de matorral subinermepalera en las 117.58 ha de terreno natural sin vestigios de cualquier otro arreglo vegetativo, y son las mismas especies listadas de este tipo de vegetación en el terrero Sur: la vinorama (*Acacia farnesiana*), nopal (*Opuntia phaeacantha*) y el romerillo (*Vigieria linearis*) quienes tienen más del 80% de importancia con respecto al resto de las especies presentes.

Tabla IV.22 Parámetros poblacionales del área destinada a patios, planta y oficina del proyecto minero Dolores.

| NOMBRE COMUN | NOMBRE CIENTIFICO | DENSIDAD RELATIVA (%) | DOMINANCIA RELATIVA (%) | FRECUENCIA RELATIVA (%) | VALOR DE IMPORTANCIA |
|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| MATORRAL SUBINERME – NOPALERA | | | | | |
| Batayaqui | <i>Montanoa patens</i> | 0.20 | 0.38 | 0.56 | 1.13 |
| Cardosanto | <i>Cirsium arvense</i> | 0.13 | 0.34 | 0.56 | 1.03 |
| Gordolobo | <i>Gnaphalium spp</i> | 0.33 | 0.86 | 1.39 | 2.59 |
| Hierva de zorrillo | <i>Chenopodium graveolens</i> | 0.07 | 0.17 | 0.28 | 0.52 |
| Huichaboco | <i>Ceanothus fendleri</i> | 0.07 | 0.17 | 0.28 | 0.52 |
| Lupino | <i>Lupinus sparsiflorus</i> | 0.46 | 1.21 | 1.95 | 3.62 |
| Manto | <i>Evolvulus arizonicus</i> | 0.40 | 1.03 | 1.67 | 3.10 |
| Nopal | <i>Opuntia phaeacantha</i> | 33.29 | 34.89 | 36.49 | 104.67 |
| Oregano | <i>Datura meteloides</i> | 0.80 | 2.07 | 3.34 | 6.21 |
| Romerillo | <i>Vigieria linearis</i> | 11.54 | 10.64 | 9.75 | 31.93 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 0.99 | 1.05 | 1.11 | 3.16 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 0.13 | 0.34 | 0.56 | 1.03 |
| Teposan | <i>Buddleia cordata</i> | 1.53 | 2.02 | 2.51 | 6.05 |
| Teposan | <i>Buddleia cordata</i> | 0.66 | 1.72 | 2.79 | 5.17 |
| Toloache | <i>Hedeoma patens</i> | 0.20 | 0.52 | 0.84 | 1.55 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 48.61 | 41.02 | 33.43 | 123.05 |

Nota: En la columna "Valor de importancia" se muestran en negritas las especies de mayor valor en el sitio muestreado.



Foto IV.18 Arreglo de las comunidades vegetales del sitio destinado a patio de lixiviación.

El sitio para terrero Norte con arreglo de bosque de encino en 16.07 ha dominando sobre el matorral subinerme-nopaleras, el encino blanco (*Quercus rugosa*) y encino roble (*Quercus sp.*) aportan el 10% de valor de importancia, siendo primordiales los pastos (*Bouteloua radicata*, *Paspalum cetaceum* y *Panicum virgatum*), así como el helecho (*Pteridium aquilinum*) y heno (*Tillandsia benthamiana*) con un aporte sobre el 75% del arreglo del lugar.

Mientras tanto, en el arreglo con matorral subinerme-nopalera en apenas 13.11 ha, la vinorama (*Acacia farnesiana*), tepezán (*Buddleia cordata*) y romerillo (*Vigieria linearis*) tienen los valores más altos de importancia.

Tabla IV.23 Parámetros poblacionales del área destinada a terrero Norte del proyecto minero "Dolores".

| NOMBRE COMUN | NOMBRE CIENTIFICO | DENSIDAD RELATIVA (%) | DOMINANCIA RELATIVA (%) | FRECUENCIA RELATIVA (%) | VALOR DE IMPORTANCIA |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| BOSQUE DE ENCINO | | | | | |
| Batayaqui | <i>Montanoa patens</i> | 1.29 | 1.36 | 1.44 | 4.09 |
| Chicura | <i>Franseria ambrosioides</i> | 4.02 | 4.22 | 4.42 | 12.65 |
| Encino blanco | <i>Quercus rugosa</i> | 8.96 | 10.23 | 11.49 | 30.68 |
| Encino roble | <i>Quercus spp</i> | 0.05 | 0.08 | 0.11 | 0.24 |
| Helecho | <i>Pteridium aquilinum</i> | 16.89 | 15.02 | 13.15 | 45.06 |
| Heno | <i>Tillandsia benthamiana</i> | 19.21 | 18.94 | 18.67 | 56.82 |
| Nopal | <i>Opuntia phaeacantha</i> | 0.77 | 0.72 | 0.66 | 2.15 |
| Romerillo | <i>Vigieria linearis</i> | 1.44 | 1.38 | 1.33 | 4.15 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 0.26 | 0.29 | 0.33 | 0.88 |

| | | | | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|---------------|
| Tascate | <i>Juniperus arizonica</i> | 2.83 | 2.63 | 2.43 | 7.89 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 13.34 | 9.27 | 5.19 | 27.80 |
| Zacate | <i>Boutelova radicata</i> | 14.16 | 15.04 | 15.91 | 45.11 |
| Zacate | <i>Panicum virgatum</i> | 0.00 | 6.41 | 12.82 | 19.23 |
| Zacate | <i>Pasmalum cetaceum</i> | 16.79 | 14.42 | 12.04 | 43.25 |
| MATORRAL SUBINERME - NOPALERA | | | | | |
| Algarobo | <i>Acacia pennatula</i> | 3.91 | 3.85 | 3.79 | 11.55 |
| Chicura | <i>Franseria ambrosioides</i> | 0.00 | 6.82 | 13.64 | 20.45 |
| Lechuguilla | <i>Agave lechuguilla</i> | 1.47 | 1.49 | 1.52 | 4.47 |
| Nopal | <i>Opuntia phaeacantha</i> | 5.86 | 7.48 | 9.09 | 22.43 |
| Romerillo | <i>Vigieria linearis</i> | 20.52 | 18.59 | 16.67 | 55.78 |
| Teposan | <i>Buddleia cordata</i> | 15.15 | 14.01 | 12.88 | 42.04 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 52.77 | 47.22 | 41.67 | 141.66 |
| Zinnia | <i>Zinnia angustifolia</i> | 0.49 | 0.62 | 0.76 | 1.87 |

Nota: En la columna "Valor de importancia" se muestran en negritas las especies de mayor valor en el sitio muestreado.

Con respecto al sitio destinado a bordo de contención y área de inundación Chabacán, sólo se muestra arreglo de vegetación con matorral subinerme-nopalera en 6.15 ha en la cobertura nativa. Igualmente continúa la tendencia en cuanto a los valores de importancia de este tipo de comunidad.

Tabla IV.24 Parámetros poblacionales del área destinada a bordo de contención y área de inundación Chabacán del proyecto minero Dolores.

| NOMBRE COMUN | NOMBRE CIENTIFICO | DENSIDAD RELATIVA (%) | DOMINANCIA RELATIVA (%) | FRECUENCIA RELATIVA (%) | VALOR DE IMPORTANCIA |
|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| MATORRAL SUBINERME - NOPALERA | | | | | |
| Costilla de vaca | <i>Atripex canescens</i> | 6.83 | 8.87 | 10.91 | 26.60 |
| Hierva de zorrillo | <i>Chenopodium graveolens</i> | 0.79 | 0.70 | 0.61 | 2.09 |
| Huichaboco | <i>Ceanothus fendleri</i> | 0.53 | 0.57 | 0.61 | 1.70 |
| Lechuguilla | <i>Agave lechuguilla</i> | 1.05 | 0.83 | 0.61 | 2.48 |
| Lupino | <i>Lupinus sparsiflorus</i> | 1.05 | 2.34 | 3.64 | 7.03 |
| Manto | <i>Evolvulus arizonicus</i> | 1.05 | 2.34 | 3.64 | 7.03 |
| Nopal | <i>Opuntia phaeacantha</i> | 12.08 | 11.19 | 10.30 | 33.57 |
| Romerillo | <i>Vigieria linearis</i> | 24.41 | 21.60 | 18.79 | 64.80 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 3.68 | 4.26 | 4.85 | 12.79 |
| Tascate | <i>Juniperus arizonica</i> | 5.25 | 5.35 | 5.45 | 16.06 |
| Toloache | <i>Datura meteloides</i> | 0.00 | 1.21 | 2.42 | 3.64 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 42.79 | 37.15 | 31.52 | 111.46 |

Nota: En la columna "Valor de importancia" se muestran en negritas las especies de mayor valor en el sitio muestreado.



Foto IV.19 Área del sitio destinado a bordo de contención y área de inundación Chabacán del proyecto minero Dolores.

En el área central del polígono del proyecto destinada a terrero Oeste, en lo que corresponde a cobertura nativa sólo hay bosque de encino, donde está muy marcada en el escenario el encino blanco (*Quercus rugosa*), encino roble (*Quercus sp.*) y encino rojo (*Quercus durifolia*). Otros elementos de porte arbóreo pero menos importantes en el sitio son el madroño (*Arbutus arizonica*), la manzanita (*Arctostaphylos pungens*) y pino (*Pinus engelmannii*).

Sin embargo, son los pastos (*Bouteloua radicata*, *Panicum virgatum*, *Pasmalum ceteceum* y *Muhlenbergia brevis*) con mayor valor de importancia en el terrero Oeste.

Tabla IV.25 Parámetros poblacionales del área destinada a terrero Oeste del proyecto minero Dolores.

| NOMBRE COMUN | NOMBRE CIENTIFICO | DENSIDAD RELATIVA (%) | DOMINANCIA RELATIVA (%) | FRECUENCIA RELATIVA (%) | VALOR DE IMPORTANCIA |
|-------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| BOSQUE DE ENCINO | | | | | |
| Encino blanco | <i>Quercus rugosa</i> | 22.41 | 13.49 | 4.57 | 40.47 |
| Encino roble | <i>Quercus spp</i> | 0.22 | 0.37 | 0.52 | 1.10 |
| Encino rojo | <i>Quercus durifolia</i> | 4.34 | 5.60 | 6.85 | 16.80 |
| Helecho | <i>Pteridium aquilinum</i> | 15.87 | 16.29 | 16.72 | 48.88 |
| Heno | <i>Tillandsia benthamiana</i> | 14.67 | 13.62 | 12.56 | 40.85 |
| Lechuguilla | <i>Agave lechuguilla</i> | 0.17 | 0.29 | 0.42 | 0.88 |
| Madroño | <i>Arbutus arizonica</i> | 0.95 | 1.41 | 1.87 | 4.22 |
| Manzanita | <i>Arctostaphylos pungens</i> | 0.52 | 0.57 | 0.62 | 1.71 |
| Pino | <i>Pinus engelmannii</i> | 0.69 | 0.55 | 0.42 | 1.66 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 0.52 | 0.57 | 0.62 | 1.71 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 0.13 | 0.22 | 0.31 | 0.66 |
| Zacate | <i>Bouteloua radicata</i> | 8.77 | 9.94 | 11.11 | 29.83 |
| Zacate | <i>Panicum virgatum</i> | 15.61 | 14.45 | 13.29 | 43.36 |
| Zacate | <i>Pasmalum ceteceum</i> | 0.00 | 8.93 | 17.86 | 26.79 |
| Zacate papelillo | <i>Muhlenbergia brevis</i> | 15.14 | 13.70 | 12.25 | 41.09 |

Nota: En la columna "Valor de importancia" se muestran en negritas las especies de mayor valor en el sitio muestreado.

Por su parte, en el área prevista para la ubicación del tajo que presenta bosque de encino en una superficie de 25.43 ha, aparecen el heno (*Tillandsia benthamiana*), vinorama (*Acacia farnesiana*) y zacate papelillo (*Muhlenbergia brevis*) como las especies de mayor valor de importancia.

En las secciones de ésta área minera que presentan matorral subinorme-nopalera ocupando una superficie de 23.67 ha, las especies más importantes del lugar son la vinorama (*Acacia farnesiana*), nopal (*Opuntia phaeacantha*) y el helecho (*Pteridium aquilinum*).

Tabla IV.26 Parámetros poblacionales del área destinada a tajo del proyecto minero Dolores.

| NOMBRE COMUN | NOMBRE CIENTIFICO | DENSIDAD RELATIVA (%) | DOMINANCIA RELATIVA (%) | FRECUENCIA RELATIVA (%) | VALOR DE IMPORTANCIA |
|--------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| BOSQUE DE ENCINO | | | | | |
| Encino blanco | <i>Quercus rugosa</i> | 1.91 | 1.79 | 1.67 | 5.36 |
| Encino roble | <i>Quercus spp</i> | 0.08 | 0.18 | 0.28 | 0.54 |
| Encino rojo | <i>Quercus durifolia</i> | 0.25 | 0.68 | 1.11 | 2.05 |
| Fresno | <i>Fraxinus cuspidata</i> | 0.34 | 0.73 | 1.11 | 2.18 |
| Helecho | <i>Pteridium aquilinum</i> | 11.13 | 11.00 | 10.86 | 33.00 |
| Heno | <i>Tillandsia benthamiana</i> | 16.43 | 15.59 | 14.76 | 46.78 |
| Lechuguilla | <i>Agave lechuguilla</i> | 0.42 | 0.77 | 1.11 | 2.31 |
| Nopal | <i>Opuntia phaeacantha</i> | 14.48 | 11.56 | 8.64 | 34.67 |
| Pino | <i>Pinus engelmannii</i> | 0.13 | 0.20 | 0.28 | 0.61 |
| Romerillo | <i>Vigiera linearis</i> | 4.57 | 10.50 | 16.43 | 31.51 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 0.38 | 1.30 | 2.23 | 3.91 |
| Tascate | <i>Juniperus arizonica</i> | 0.04 | 0.16 | 0.28 | 0.48 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 18.42 | 11.44 | 4.46 | 34.31 |
| Zacate | <i>Boutelova radicata</i> | 10.25 | 7.35 | 4.46 | 22.05 |
| Zacate | <i>Panicum virgatum</i> | 0.00 | 6.13 | 12.26 | 18.38 |
| Zacate | <i>Pasmalum cetaceum</i> | 7.54 | 6.00 | 4.46 | 17.99 |
| Zacate papelillo | <i>Muhlenbergia brevis</i> | 13.63 | 14.62 | 15.60 | 43.85 |
| MATORRAL SUBINORME - NOPALERA | | | | | |
| Cardosanto | <i>Cirsium arvense</i> | 0.11 | 0.18 | 0.25 | 0.54 |
| Gordolobo | <i>Gnaphalivia bourgovii</i> | 0.22 | 0.36 | 0.50 | 1.08 |
| Helecho | <i>Pteridium aquilinum</i> | 7.44 | 12.19 | 16.94 | 36.56 |
| Lechuguilla | <i>Agave lechuguilla</i> | 1.04 | 1.39 | 1.74 | 4.17 |
| Manto | <i>Evolvulus arizonicus</i> | 0.33 | 0.54 | 0.75 | 1.61 |
| Nopal | <i>Opuntia phaeacantha</i> | 31.93 | 26.55 | 21.17 | 79.65 |
| Oregano | <i>Hedeoma patens</i> | 1.04 | 1.70 | 2.37 | 5.11 |
| Palmilla | <i>Yucca spp</i> | 0.05 | 0.09 | 0.12 | 0.27 |
| Romerillo | <i>Vigiera linearis</i> | 12.52 | 10.18 | 7.85 | 30.55 |
| Sotol | <i>Yucca rigida</i> | 3.17 | 4.51 | 5.85 | 13.54 |
| Tascate | <i>Juniperus arizonica</i> | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.35 |
| Teposan | <i>Buddleia cordata</i> | 4.65 | 7.62 | 10.59 | 22.85 |
| Toloache | <i>Datura meteloides</i> | 0.27 | 0.45 | 0.62 | 1.34 |
| Vinorama | <i>Acacia farnesiana</i> | 36.85 | 33.68 | 30.51 | 101.04 |
| Zinnia | <i>Zinnia angustifolia</i> | 0.05 | 0.09 | 0.12 | 0.27 |

Nota: En la columna "Valor de importancia" se muestran en negritas las especies de mayor valor en el sitio muestreado.



Foto IV.20 Paisaje actual del área que contiene el yacimiento a convertirse en tajo.

Estado de Conservación de la Vegetación

El proyecto minero Dolores ocupará una superficie total de 594.83 ha, de las cuales 522.75 ha se emplearán para obras permanentes y el resto como superficie adicional para circundar las obras y mantener el control del polígono minero. La superficie natural dentro de las obras permanentes son 334.60 ha donde 239.63 ha son matorral subinermes-nopaleras y el resto (94.97 ha) de bosque de encino.

Existen 209.59 ha con algún grado de perturbación del terreno debido al asentamiento del poblado Dolores, caminos de accesos los cuales son múltiples en el sitio debido entre otras razones a las necesidades de conexión de la localidad Dolores la cual está dispersa sobre el polígono, así como los caminos y brechas de acceso por exploraciones mineras antecedentes. Las áreas abiertas corresponden a parcelas familiares. Las especies que se siembran dentro del polígono del proyecto son el maíz (*Zea mays*) y el frijol (*Phaseolus vulgaris*). También se desarrollan algunos frutales como naranja, manzana y limoneros en los mismos terrenos del poblado.

Existen áreas de desmonte selectivo para echaderos del ganado, donde fue posible ver escaso ganado bovino (hatos de 3-5 individuos), así como mulas y burros de carga y caballos como medio de transporte; hay basurones dispersos de residuos domésticos del mismo poblado Dolores.

Existe poda y extracción de madera para uso de postería para cercado, para corrales y para construcción de casas. Por otra parte la leña es combustible primario de la mayoría de los habitantes asentados en el área principalmente en invierno. En la tabla IV.15 se mostró el desglose de las superficies natural y perturbada. De la superficie perturbada se ocuparán

188.16 ha en obras mineras permanentes y las 20.97 ha restantes quedarán sujetas a obras de restauración por parte del proyecto minero.



Foto IV.21 Estado que guarda una comunidad de bosque de encino en el área de estudio.

Usos de la Vegetación en la Zona

La mayoría de las especies vegetales presentan cualidades medicinales y/o alimenticias. Sin embargo, los habitantes actuales de Dolores ya no utilizan la medicina naturista a partir de la herbolaria, debido principalmente al desconocimiento de las especies utilizadas. Por lo que los usos principales de la vegetación en el área del proyecto y zona circundante son como pastos, debido a que el pastizal y la mayoría de la leguminosas son utilizadas como forraje para el ganado vacuno y caprino de manejo local. Los mezquites y los encinos son utilizados para postería, carbón y leña.

En términos generales no se detectó ni se observó utilización de especies vegetales que se comercialicen en el proyecto minero.



Foto IV.22 Estado de conservación que guarda una comunidad típica de matorral subinerme-nopalera, en el área de estudio.

Especies Vegetales bajo Régimen de Protección Legal

Comparando las especies identificadas en la zona del proyecto con los listados de la Norma Oficial NOM-059-ECOL-2001, que indica las especies nativas de México de Flora y Fauna Silvestre, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, de las 93 especies identificadas, son 2 especies las que se encuentran en la categoría de Peligro de Extinción (1.8 % del total). Cabe señalar que fueron observadas en bajo número, pero no fueron muestreadas.

Tabla IV.27 Especies de flora enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 observadas en el área del proyecto

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Estatus | No. ind. Observados en campo |
|-----------|--|--------------|----------------------|------------------------------|
| Cactaceae | <i>Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus</i> | Biznaga | Peligro de extinción | 1 |

Otra especie protegida (en peligro de extinción) en el sitio es el cacto (*Thelocactus heterochromus*), pero de éste sólo se observaron 2 individuos, cercano a la localidad de Arroyo Amplio.



Foto IV.23 Especimen de biznaga (*Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus*) en categoría de peligro de extinción.

Cabe señalar que otras especies de cactáceas protegidas como es el caso de la biznaga (*Echinocactus mathsoni*) y el cacto (*Glandilicactus uncinatus*) fueron inventariada en el área del puente Tutuaca, pero queda fuera del sitio del proyecto y no se localizó en el sitio con la intensidad de muestreo realizado por lo que no se incluye en el listado, pero debe considerarse una especial atención durante el desmote, por si se localizara en el predio.

Existen otras especies (5) que pertenecen a la familia Cactaceae localizadas en la superficie a ocuparse en el proyecto minero Dolores, que a pesar de no encontrarse enlistadas, pero por ser de lento crecimiento y alto valor paisajístico y ambiental, se promueve que reciban un régimen de protección como parte de una política ambiental de la empresa promotora.

Tabla IV.28 Especies longevas del grupo de cactáceas que se promueve sean protegidas en el área del proyecto

| Familia | Nombre científico | Nombre común | No. ind. Observados en campo |
|-----------|-------------------------------------|--------------|------------------------------|
| Cactaceae | <i>Echinocactus sp.</i> | Biznaga | 2 |
| Cactaceae | <i>Opuntia spp.</i> | Sibiri | 134 |
| Cactaceae | <i>Echinocereus triglochidiatus</i> | Biznaga | 2 |
| Cactaceae | <i>Ferocactus latispinus</i> | Cactácea | 2 |
| Cactaceae | <i>Opuntia phaeacantha</i> | Nopal | 4,134 |



Foto IV.24 Nopal (*Opuntia phaeacantha*), cactácea más representativa del área de estudio.



Foto IV.25 La biznaga (*Echinocereus triglochidiatus*), cactácea que se promueve sea resguardada.

B Fauna

Metodología

La fauna es uno de los componentes más susceptibles a los impactos ocasionados por las actividades humanas. Su presencia o ausencia en zonas seleccionadas para el desarrollo de actividades productivas es determinante para dirigir la intensidad de uso de la zona y del diseño de las actividades de protección y mitigación de los impactos ocasionados. En la descripción de la fauna silvestre presente en el área, se siguieron los términos de referencia de la guía sectorial minera para estudios de impacto ambiental, modalidad particular.

La descripción del arreglo faunístico fue revisado mediante la bibliografía existente de fauna para la región como son los arreglos valorados por CONABIO, así como el apoyo para la descripción del hábitat de la cartografía temática usos del suelo y vegetación escala 1:250,000 Tecoripa Clave H12-12 (SPP, 1984).

Para integrar el inventario de fauna silvestre, se realizaron recorridos y muestreos en el polígono minero orientados a cubrir la totalidad del proyecto minero, que cuenta con una superficie total de ocupación de 594.83 ha. Los muestreos de campo se efectuaron del 28 de febrero al 5 de marzo del 2004. Debido a que el muestreo se efectuó sólo en la época invernal, los grupos de anfibios y reptiles no estuvieron debidamente representados, ocasionado por las bajas temperaturas imperantes. Se consideraron en la revisión los cuatro grupos faunísticos terrestres vertebrados: anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Las especies localizadas en campo fueron identificadas *in situ* mediante observación, en comparación con guías taxonómicas más adelante citadas, así como la comparación con la NOM-059-SEMARNAT-2001 para conocer el estatus de protección de cada una de las especies registradas. También se empleó un receptor del Sistema de Posicionamiento Global (GPS marca Garmin, utilizando el datum NAD27) para ubicar y registrar los sitios revisados dentro del polígono en estudio. Adicionalmente, se obtuvo un inventario de ocurrencia potencial de la referencia bibliográfica de las siguientes publicaciones: Alden (1969a), Alden (1969b), Aranda-Sánchez (1981), Bogert & Oliver (1945), Burt y Grossenheiderr (1980), Caire (1978), Espinosa (1993), Fitzpatrick (2002), Flores-Villela (1993), Grossenheider (1976), Hale (1983), Hall (1981), Hendrickson & Varela-Romero (1996), Howell (1995), Lowe (1992), National Geographic (1987), Pyle (1997), Petterson & Chalif (1989a), Petterson, & Chalif (1989b), Sibley (2001), Sibley, (2000), Russell & Monson (1998), Stebbins (1985), Walters (1992), Watanabe (2002) y Whitaker (1980).

Con el propósito de obtener la composición faunística, se realizaron recorridos diurnos y nocturnos en vehículo y a pie, posterior a un recorrido prospectivo de campo. Los sitios de muestreo se definieron a partir de los recorridos prospectivos, las cartas de vegetación 1:250 000 y la carta topográfica 1:50,000 de INEGI. Los transectos se ubicaron en cada uno de los tipos de vegetación registrados del proyecto. Las observaciones en campo se realizaron utilizando equipo óptico como binoculares (7X21) y telescopios con capacidad de 15-45X y 15-60X. Como apoyo para el registro manual se utilizó equipo fotográfico reflex de 100 mm y digital de 10 x y 800x.

En los recorridos en vehículo, se cubrió la mayor parte del proyecto sin afectación actual siguiendo la técnica de "Road Side Count" (Dasman, 1964) a bordo de una camioneta pick up de 3/4 de tonelada, en lugares donde había brechas o caminos transitables en vehículo, realizando 8 transectos matutinos (06:00 a las 12:00 hrs), 6 vespertinos (16:00 a las 19:00 hrs cuando se acaba por completo la visibilidad) y 10 nocturnos (de las 21:00 a las 00:00 hrs) auxiliados con lámpara de un millón de bujías, en una franja de 100 m a cada lado del transecto, con distancias mínimas de 1.1 km y máximas de 3 km (registradas por el carro) y estuvo encaminado a la identificación potencial de fauna silvestre mayor como venados, jabalí, cánidos y felinos entre otras especies.

Tabla IV.29 Relación de muestreos de fauna

| Muestreo | Matutino | Vespertino | Nocturno |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| <i>Vehículo (Road Side Count)</i> | | | |
| Número | 8 | 6 | 10 |
| Dimensiones | 12.5 km x 200 m ancho | 10.5 km x 200 m de ancho | 18 km x 200 m de ancho |
| Área cubierta (ha) | 250 | 210 | 360 |
| <i>Recorridos a pie</i> | | | |
| Número | 3 | 1 | |
| Dimensiones | 6 km x 50 m de ancho | 2 km x 50 m de ancho | |
| Área cubierta (ha) | 30 | 10 | |

Se tomaron las coordenadas al inicio de cada transecto con GPS Garmin ya mencionado. Cada transecto de muestreo se marcó al principio con una cinta de plástico roja. En un cuaderno de campo se registraron el número de individuos y las especies observadas por transecto, así como observaciones adicionales sobre las condiciones generales del hábitat de muestreo y conductas observadas por la fauna en el momento del muestreo. También se verificó con los residentes del área, la potencial presencia/ausencia de grupos de fauna reconocidos comúnmente por los lugareños. Adicionalmente, se realizaron 3 transectos de muestreo a pie de tipo matutinos al amanecer (06:00 a las 12:00 hrs) y uno vespertino (16:00 a las 19:00 hrs) antes del ocaso recorriendo distancias de 2 km con un área de cobertura visual de 25 m a cada lado del transecto. Los recorridos matutinos fueron realizados simultáneamente por 2 brigadas de 3 personas cada uno, donde una brigada revisó 1 transecto y la otra los restantes 2, registrando presencia de especies de manera visual o evidencial (huella, vuelo, excreta, muda).

Se estimó la abundancia absoluta para la totalidad del área de estudio del proyecto y para los dos tipos de vegetación (bosque de encino y matorral subierme de nopaleras). Se describe la composición de las especies más importantes de cada tipo de vegetación con el propósito de proporcionar una idea de la estructura del hábitat donde se observaron los diferentes grupos de fauna silvestre. Se utilizó el índice de abundancia de Patton (1992) alimentado con los resultados de campo obtenidos mediante la técnica de "Road Side Count" (Dasman, 1964), el cual depende del esfuerzo de avistamiento y el número de ocasiones (%) en que sea observado un animal determinado. La clasificación empleada es la siguiente:

Tabla IV.30 Índice de abundancia de especies según Patton (1992)

| Clasificación | Porcentaje de éxito de avistamiento |
|---------------|-------------------------------------|
| Muy abundante | 80 |
| Abundante | 61 - 80 |
| Común | 41 - 60 |
| Poco común | 21 - 40 |
| Raro | 1 - 20 |
| Muy raro | <1 |

En cuanto a valores relativos en fauna, se destaca que debido a los diferentes grupos de especies representados, se siguieron diferentes metodologías para determinar la densidad relativa, algunas a través de índices y otros a través de estimadores poblacionales (Tyson 1959). En el caso de aves se utilizaron los índices de avistamiento, utilizando para este fin, binoculares y telescopios (10-60X), tomando en consideración cada salida de campo (mañana y tarde) como un evento y cada observador como una repetición, de tal forma que

se tuvieron de 6-10 repeticiones sobre 3 momentos (matutino, vespertino y nocturno en vehículo) y 3 repeticiones en recorridos a pie. Para esto se siguió el método descrito por Lancin y colaboradores (1994). En el caso de roedores se utilizaron trampas Sherman, con el fin de obtener el índice de densidad relativa, indicado por el número de animales atrapados, entre, el producto del número de trampas por el número de días que duraron colocadas (Krebs, 1989), obteniendo cuatro días completos por 32 trampas colocadas, dando una muestra de 128 repeticiones. Se establecieron estaciones olfativas en un número similar al de las parcelas de trampeo (Linhart y Knowlton 1975) con lo que se observó la frecuencia de visitas de carnívoros mismos que fueron detectados a través de huellas utilizando la Guía de Aranda (2000). En el caso de ungulados (venado cola blanca), roedores, ardillones y lagomorfos, se utilizó la técnica de conteo de heces fecales (Neff, 1968) durante los transectos de vegetación, habiendo encontrado heces de venado, conejo y ardillón con lo que se obtuvieron las densidades relativas de estas especies, tomando en consideración los índices de defecación.

Composición de las Comunidades de Fauna Presentes en el Predio

México es uno de los países de mayor riqueza biológica del mundo, junto con naciones como Brasil, Colombia, Perú, Australia, Madagascar, Zaire e Indonesia. La fauna del país es determinante en esta consideración de riqueza biológica global (Mittermeier y Goettsch, 1992). México es también el único país que contiene la totalidad de un límite entre dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical (Brown y Gibson, 1983). En el contexto nacional, los grupos faunísticos de interés han sido agrupados en diferentes regiones o provincias faunísticas, que en la región en estudio, se observa generalmente asociada a características fisiográficas. En la zona del proyecto minero Dolores la fauna está integrada por elementos de origen Neártico (Fa y Morales, 1998). El área de estudio se encuentra en la Provincia biótica Sierra Madre Occidentalense, provincia biogeográfica Sierra Madre Occidental, donde los grupos de animales de las provincias herpetofaunística, avifauna y mastofaunística corresponden a la región Sierra Madre Occidental. En el área donde se realizará el desarrollo minero predomina el bosque de encino, así como matorral subinermes de nopaleras, de acuerdo a Brown (1982), con algunas áreas alteradas producto de desmonte, poblado de Dolores, cercos, caminos y brechas de accesos.

Localmente, en los alrededores del poblado de Dolores se trata de terrenos desprovistos de su vegetación original, unos dedicados a actividades ganaderas y otros desmontados y abandonados. Algunos sitios están impactados por actividades antropogénicas, donde la fauna residente presente se reduce prácticamente a especies vinculadas a la actividad del propio hombre, encontrándose que, como especie dominante en lo que se refiere a mamíferos, se tiene a la rata de campo (*Peromyscus melanotis*) y al tlacuache (*Didelphis marsupialis*), mientras que en lo que respecta a aves, existe gran abundancia de tórtolas, codornices, gorriones y tordos, esto último por la cercanía de la población y localizadas áreas de huertos familiares.

Considerando las publicaciones existentes sobre fauna, además del trabajo de campo arriba descrito, se obtuvieron un total de 72 especies con distribución en el área de estudio, de las cuales 22 especies fueron vistas o evidenciadas realmente en campo. De las 72 especies registradas, 30 fueron mamíferos (41.66% del total) dentro de 16 familias taxonómicas, donde 13 especies se observaron en campo; 36 son registros de aves (50% del total) agrupadas en 19 familias taxonómicas donde 8 especies se observaron en campo; y 6 reptiles registradas (8.3% del total) dentro de cuatro familias taxonómicas, observando sólo una especie en campo; de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla IV.31 Inventario faunístico del proyecto minero "Dolores".

| Clase | Familia | Nombre científico | Nombre común | Registro | Uso | NOM-059-SEMARNAT-2001 |
|----------|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------|-----|-----------------------|
| Mammalia | Bassariscidae | <i>Bassariscus astutus</i> | Cacomixtle | 1 | | |
| Mammalia | Canidae | <i>Canis latrans</i> | Coyote | 2 | | |
| Mammalia | Canidae | <i>Urocyon cinereoargenteus</i> | Zorra gris | 1 | 1 | |
| Mammalia | Cervidae | <i>Odocoileus virginianus</i> | Venado cola blanca | 2 | 1 | |
| Mammalia | Cricetidae | <i>Neotoma albigula</i> | Ratoncillo | 2 | | |
| Mammalia | Cricetidae | <i>Peromyscus melanotis</i> | Rata de campo | 2 | | |
| Mammalia | Cricetidae | <i>Sigmodon arizonae</i> | Roedores | 1 | | |
| Mammalia | Desmodontidae | <i>Desmodus rotundus</i> | Murciélago vampiro | 1 | | |
| Mammalia | Didelphidae | <i>Didelphis marsupialis</i> | Zarigüeya o tlacuache | 2 | | |
| Mammalia | Felidae | <i>Felis concolor</i> | Puma | 2 | 1 | Pr |
| Mammalia | Felidae | <i>Lynx rufus</i> | Lince o gato montés | 1 | | Pr |
| Mammalia | Heteromyidae | <i>Dipodomys merriami</i> | Rata canguro | 2 | | |
| Mammalia | Heteromyidae | <i>Liomys irroratus</i> | Roedores | 1 | | |
| Mammalia | Heteromyidae | <i>Perognathus artus</i> | Ratón | 1 | | |
| Mammalia | Leporidae | <i>Lepus californicus</i> | Liebre | 2 | 1 | |
| Mammalia | Leporidae | <i>Sylvilagus auduboni</i> | Conejo de Audubon | 1 | 1 | |
| Mammalia | Leporidae | <i>Sylvilagus floridanus</i> | Conejo del este | 1 | 1 | |
| Mammalia | Muridae | <i>Crateomys zinzeri</i> | Roedores | 1 | | |
| Mammalia | Mustelidae | <i>Conepatus mesoleucus</i> | Zorrillo espalda blanca | 1 | | |
| Mammalia | Mustelidae | <i>Mephitis macroura</i> | Zorrillo listado | 1 | | |
| Mammalia | Mustelidae | <i>Mustela frenata</i> | Comadreja | 1 | | |
| Mammalia | Mustelidae | <i>Spilogale gracilis</i> | Zorrillo manchado | 2 | | |
| Mammalia | Mustelidae | <i>Taxidea taxus</i> | Tlalcoyote, tejón | 1 | | |
| Mammalia | Phyllostomidae | <i>Leptonycteris nivalis</i> | Murciélago | 1 | | A |
| Mammalia | Procyonidae | <i>Nasua nasua</i> | Coatí | 2 | 1 | |
| Mammalia | Procyonidae | <i>Procyon lotor</i> | Mapache | 2 | | |
| Mammalia | Sciuridae | <i>Spermophilus variegatus</i> | Ardillón de las rocas | 2 | | |
| Mammalia | Sciuridae | <i>Sciurus aurogaster</i> | Ardilla | 1 | 1 | |
| Mammalia | Tayassuidae | <i>Tayassu tajacu</i> | jabalí | 2 | 1 | |
| Mammalia | Vespertilionidae | <i>Myotis auriculus</i> | Murciélago | 1 | | |
| Avis | Accipitridae | <i>Buteo jamaicensis</i> | Aguililla o Halcón cola roja | 2 | | Pr |
| Avis | Anatidae | <i>Anas cyanoptera</i> | Cerceta café | 1 | 1 | |
| Avis | Anatidae | <i>Anas discors</i> | Cerceta azul | 1 | 1 | |
| Avis | Anatidae | <i>Anas strepera</i> | Pato pinto | 1 | 1 | |
| Avis | Cardinalinae | <i>Cardinalis cardinalis</i> | Cardenal común | 2 | | |
| Avis | Cardinalinae | <i>Passerina amoena</i> | Gorrión jaspeado | 1 | | |
| Avis | Cathartidae | <i>Coragyps astratus</i> | Zopilote | 1 | | |
| Avis | Columbidae | <i>Columba fasciata</i> | Paloma de collar | 2 | | |
| Avis | Columbidae | <i>Columbina passerina</i> | Coquita o torcacita | 1 | | |
| Avis | Columbidae | <i>Zenaida asiatica</i> | Paloma de alas blancas | 2 | 1 | |
| Avis | Corvidae | <i>Aphelocoma coerulescens</i> | Urraca azulejo | 1 | | |
| Avis | Corvidae | <i>Corvus corax</i> | Cuervo grande | 2 | | |
| Avis | Falconidae | <i>Falco mexicanus</i> | Halcón mexicano o aguillilla | 1 | 2 | A |
| Avis | Falconidae | <i>Falco peregrinus</i> | Halcón peregrino o aguillilla | 2 | 2 | Pr |
| Avis | Falconidae | <i>Falco temoralis</i> | Halcón apomado o aguillilla | 1 | 2 | A |
| Avis | Fringillidae | <i>Carpodacus mexicanus</i> | Gorrión mexicano | 2 | 1 | Pr |
| Avis | Fringillidae | <i>Carpodacus Mexicanus</i> | Gorrión, pinzón | 1 | | |

| | | | mexicano | | | |
|----------|--------------------------------|------------------------------|---------------------|---|------|----|
| Avis | Fringillidae | <i>Molothrus ater</i> | Tordo negro | 1 | | |
| Avis | Hirundinidae | <i>Hirundo rustica</i> | Golondrina | 1 | | |
| Avis | Icterinae | <i>Icterus cucullatus</i> | Bolsero cuculado | 1 | | A |
| Avis | Icterinae | <i>Icterus parisorum</i> | Calandria palmera | 1 | 7 | Pr |
| Avis | Icterinae | <i>Icterus spurius</i> | Calandria café | 1 | | |
| Avis | Icterinae | <i>Icterus wagleri</i> | Ictero de Wagler | 1 | | A |
| Avis | Icterinae | <i>Quiscalus mexicanus</i> | Urraca o Zanate | 1 | 2 | |
| Avis | Mimidae | <i>Mimus poluplotos</i> | Cenzontle | 1 | 1, 2 | Pr |
| Avis | Mimidae | <i>Taxostoma curvirostre</i> | Cuitlacoche común | 2 | | |
| Avis | Odontophoridae | <i>Colinus virginianus</i> | Codorniz común | 1 | 1 | |
| Avis | Phasianidae | <i>Cyrtonyx montezumae</i> | Codorniz arlequín | 1 | 7 | Pr |
| Avis | Ptilonotidae | <i>Phainopepla nitens</i> | Cardenal negro | 1 | | |
| Avis | Sturnidae | <i>Sturnus vulgaris</i> | Estornino | 1 | | |
| Avis | Trochilidae | <i>Amazilia violiceps</i> | Colibrí | 1 | | A |
| Avis | Trochilidae | <i>Cyanthus sordidus</i> | Colibrí | 1 | | A |
| Avis | Trochilidae | <i>Selasphorus rufus</i> | Colibrí, zumbador | 1 | | |
| Avis | Trogonidae | <i>Trogon elegans</i> | Coa elegante | 1 | | A |
| Avis | Tyrannidae | <i>Empidonax affinis</i> | Mosquero pinero | 1 | | |
| Avis | Vireonidae | <i>Vireo nelsoni</i> | Vireo enano | 1 | | A |
| Reptilia | Colubridae | <i>Lampropeltis mexicana</i> | Falso coralillo | 1 | | A |
| Reptilia | Colubridae | <i>Salvadora mexicana</i> | Culebra | 1 | | R |
| Reptilia | Colubridae | <i>Thamnophis sp</i> | Culebra | 1 | | |
| Reptilia | Iguanidae | <i>Sceloporus sp</i> | Lagartija | 2 | | |
| Reptilia | Kinosternidae | <i>Kinosteron hirtipes</i> | Casquito de Anáhuac | 1 | | Pr |
| Reptilia | Viperidae | <i>Crotalus durissus</i> | Cascabel | 1 | | Pr |

REGISTRO: 1: Referencia bibliográfica, 2: Observación o vestigio / USO: 1: Valor cinegético, 2: Estético cultural
 NOM-059-SEMARNAT-2001: A: Amenazada; Pr: Protección especial; R: Rara

Distribución y abundancia de especies

Como se destacó en la composición de las comunidades faunísticas, del universo de 72 especies con distribución en el área de estudio, sólo 22 especies fueron vistas o evidenciadas realmente en campo. El arreglo de las especies se representa a continuación:

Tabla IV.32 Representación del arreglo faunístico en el proyecto minero Dolores

| Grupo | Número de especies | Número de Familias | Especies observadas en campo (No.) | Especies de interés cinegético | Especies con algún uso | Especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 |
|-----------|--------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|------------------------|---|
| Mamíferos | 30 | 16 | 13 | 9 | 9 | 2 |
| Aves | 36 | 19 | 8 | 9 | 14 | 15 |
| Reptiles | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 4 |
| Total | 72 | 39 | 22 | 18 | 23 | 21 |

Se trata de 72 especies dentro de 39 Familias taxonómicas, donde 18 especies tienen un interés intrínseco cinegético, 23 en diversos usos de las especies (incluido el valor cinegético) y 21 especies (29.16% del total) se encuentran en algún carácter de protección de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001.

La fauna silvestre está bien representada en el área del proyecto e incluye desde grandes mamíferos, como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y puma (*Felis concolor*), pasando por mamíferos de mediana altura como coatímundi (*Nasua nasua*), mapache (*Procyon lotor*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y mamíferos pequeños, como ardillas de diferentes géneros entre los que destacan *Spermophilus spp.* y *Sciurus sp.* (Anderson

1972, Hall 1981). Dentro de este grupo también se encuentra una rica variedad de ratas y ratones de campo que incluyen algunos géneros como: *Neotoma* y *Peromyscus*. Dadas las características de clima y geomorfología, el área presenta algunas especies de murciélagos entre los que destaca el género *Myotis*.

Las aves en esta región son abundantes mayormente en las áreas de bosque de encino y en menor proporción en el matorral subinermes. Las aves presentes en la región pertenecen a diferentes familias (Howell y Webb 1995 y Robbins 1986), reportándose 36 familias con 19 especies. Destacan entre este grupo de vertebrados las rapaces con géneros como *Falco* y *Buteo*, sobresaliendo especies como las aguililla o halconcitos de acuerdo a la tabla IV.31 (*Falco mexicanus*, *F. peregrinus*, *F. temoralis* y *Buteo jamaicensis*). Otro grupo importante son los colibríes (*Amazilia spp.*) y bolseros del género *Icterus*.

Los resultados obtenidos en abundancia muestran, en forma general, que la mayoría de las especies tienen una población baja a excepción de los gorriones domésticos, halconcillos y palomas o tórtolas principalmente. Algunas especies en la categoría de "comunes" (41-60%) fueron la paloma, cardenal, paloma alas blancas y aguilillas. Poco común (21-40% observaciones) resultó el gorrión jaspeado entre otras especies. Raras o muy raras fueron un gran número de especies destacando diversas especies de colibríes.

Algunas especies, como el pato pinto (*Anas strepera*), cerceta azul (*Anas discors*) y cerceta café (*Anas cyanoptera*), tienen presencia temporal en el área durante los meses de septiembre a marzo, pasando el invierno en las áreas pluviales (río Tutuaca), de igual forma especies como la paloma de collar y el carpintero real, anidan en la región y suben hacia áreas de mayor altitud en épocas de otoño, invierno y parte de la primavera, situación inversa en especies como paloma morada o bellotera y las golondrinas que anidan en las zonas de bosques de encino y las asociaciones subinermes y pasan el invierno en las partes bajas de la barranca.

Los roedores (ratas y ratones) tuvieron un índice de trampeo del 21%, sin embargo existieron signos de visitación del 46%, lo cual indica una categoría de abundancia "común". Algunas de las especies más frecuentes fueron el grupo de ratones, de igual forma atraídos por la granola (cebo).

Finalmente, es importante señalar que la composición faunística regional que se describe no está limitada y por el contrario, es dinámica, ya que eventualmente se podría observar la presencia de especies migratorias o propias de otras zonas bióticas aledañas.

En el caso de ardillones (*Spermophilus variegatus*) el índice de defecación (17 ocasiones por día) mostró que las densidades relativas varían entre 0.435 y 1.743 ardillones por hectárea siendo más comunes en áreas rocosas. Este resultado fue obtenido de la división del número de montículos de heces encontrados, entre 6 (días de duración de las heces) en 180 m² que fue el área muestral por sitio y este dato se extrapoló a 1 ha. En lo que respecta a venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), se utilizó el mismo procedimiento de cálculo y se obtuvo una densidad estimada promedio de 1 venado cada 66.4 has. Lo anterior utilizando el índice de defecación de 12.6 montículos indicado por Conolly (1981). Los conejos tuvieron una densidad relativa promedio de un individuo por cada 2.75 ha variando de 1.1 hasta 4.6 ha por animal.

Como conclusión podemos mencionar que de acuerdo a los resultados obtenidos de las especies reportadas para la zona, se puede considerar riqueza faunística a nivel regional, sin embargo las condiciones de sequía, fragmentación del área y la misma presencia humana, provocan que muchas de las especies reportadas sean de difícil avistamiento. Lo anterior, nos indica que se requiere de mayor tiempo para mejorar los indicadores presentados y determinar aquellos sitios en donde las diferentes especies faunísticas encuentran refugio y los componentes necesarios para su supervivencia.

Uso de las especies

Existe una distribución potencial de 23 especies de fauna (31.94% del total inventariado) con algún valor de uso. 18 especies son claramente de interés cinegético dado de manera local, en su mayoría con fines de subsistencia (como alimento), y cinco especies con valor estético cultural, siendo todas ellas aves. De estas especies con uso local, sólo ocho fueron vistas en campo, 5 mamíferos y 3 aves. El siguiente listado muestra el valor de uso señalado.

Tabla IV.33 Listado de especies faunísticas con uso local.

| Clase | Familia | Nombre científico | Nombre común | Registro | Uso |
|----------|----------------|---------------------------------|------------------------|----------|------|
| Mammalia | Canidae | <i>Urocyon cinereoargenteus</i> | Zorra gris | 1 | 1 |
| Mammalia | Cervidae | <i>Odocoileus virginianus</i> | Venado cola blanca | 2 | 1 |
| Mammalia | Felidae | <i>Felis concolor</i> | Puma | 2 | 1 |
| Mammalia | Leporidae | <i>Lepus californicus</i> | Liebre | 2 | 1 |
| Mammalia | Leporidae | <i>Sylvilagus auduboni</i> | Conejo de Audubon | 1 | 1 |
| Mammalia | Leporidae | <i>Sylvilagus floridanus</i> | Conejo del este | 1 | 1 |
| Mammalia | Procyonidae | <i>Nasua nasua</i> | Coatí | 2 | 1 |
| Mammalia | Sciuridae | <i>Sciurus aurogaster</i> | Ardilla | 1 | 1 |
| Mammalia | Tayassuidae | <i>Tayassu tajacu</i> | jabalí | 2 | 1 |
| Avis | Anatidae | <i>Anas cyanoptera</i> | Cerceta café | 1 | 1 |
| Avis | Anatidae | <i>Anas discors</i> | Cerceta azul | 1 | 1 |
| Avis | Anatidae | <i>Anas strepera</i> | Pato pinto | 1 | 1 |
| Avis | Columbidae | <i>Zenaida asiatica</i> | Paloma de alas blancas | 2 | 1 |
| Avis | Fringillidae | <i>Carpodacus mexicanus</i> | Gorrión mexicano | 2 | 1 |
| Avis | Icterinae | <i>Icterus parisorum</i> | Calandria palmera | 1 | 1 |
| Avis | Odontophoridae | <i>Colinus virginianus</i> | Codorniz común | 1 | 1 |
| Avis | Phasianidae | <i>Cyrtonyx montezumae</i> | Codorniz arlequín | 1 | 1 |
| Avis | Falconidae | <i>Falco mexicanus</i> | Halcón mexicano | 1 | 2 |
| Avis | Falconidae | <i>Falco peregrinus</i> | Halcón peregrino | 2 | 2 |
| Avis | Falconidae | <i>Falco temoralis</i> | Halcón apomado | 1 | 2 |
| Avis | Icterinae | <i>Quiscalus mexicanus</i> | Urraca o Zanate | 1 | 2 |
| Avis | Mimidae | <i>Mimus poluplottos</i> | Cenzontle | 1 | 1, 2 |

REGISTRO: 1: Registro bibliográfico, 2: Observación o vestigio en campo / USO: 1: Valor cinegético, 2: Estético cultural

Especies de interés cinegético

Son un total de 18 especies (25% del total) de distribución potencial con uso cinegético reconocido en la región, de las que 9 son mamíferos y 9 aves, siendo mayor la intensidad de uso sobre los mamíferos. Apenas 7 de estas especies se observaron o evidenciaron en campo (5 mamíferos y 2 aves). No existen unidades de manejo ambiental (UMA) dentro del polígono minero en estudio, pero se realiza la cacería en estos sitios con repercusión local como alimento, piel, cornamentas o control de predadores (sobre cánidos y felinos). Se presenta el listado de especies de interés cinegético.

Tabla IV.34 Listado de especies de interés cinegético con distribución en el área de estudio.

| Clase | Familia | Nombre científico | Nombre común |
|----------|-----------|---------------------------------|--------------------|
| Mammalia | Canidae | <i>Urocyon cinereoargenteus</i> | Zorra gris |
| Mammalia | Cervidae | <i>Odocoileus virginianus</i> | Venado cola blanca |
| Mammalia | Felidae | <i>Felis concolor</i> | Puma |
| Mammalia | Leporidae | <i>Lepus californicus</i> | Liebre |
| Mammalia | Leporidae | <i>Sylvilagus auduboni</i> | Conejo de Audubon |

| | | | |
|----------|----------------|------------------------------|------------------------|
| Mammalia | Leporidae | <i>Sylvilagus floridanus</i> | Conejo del Este |
| Mammalia | Procyonidae | <i>Nasua nasua</i> | Coatí |
| Mammalia | Sciuridae | <i>Sciurus aurogaster</i> | Ardilla |
| Mammalia | Tayassuidae | <i>Tayassu tajacu</i> | jabalí |
| Avis | Anatidae | <i>Anas cyanoptera</i> | Cerceta café |
| Avis | Anatidae | <i>Anas discors</i> | Cerceta azul |
| Avis | Anatidae | <i>Anas strepera</i> | Pato pinto |
| Avis | Columbidae | <i>Zenaida asiatica</i> | Paloma de alas blancas |
| Avis | Fringillidae | <i>Carpodacus mexicanus</i> | Gorrión mexicano |
| Avis | Icterinae | <i>Icterus parisorum</i> | Calandria palmera |
| Avis | Odontophoridae | <i>Colinus virginianus</i> | Codorniz común |
| Avis | Phasianidae | <i>Cyrtonyx montezumae</i> | Codorniz arlequín |
| Avis | Mimidae | <i>Mimus poluplottos</i> | Cenzontle |

Especies enlistadas en la Norma

En apego a la NOM-059-SEMARNAT-2001, existen 21 especies identificadas con algún estatus de protección especial en el área de estudio, equivalentes al 29.16% del total de las especies inventariadas en el sitio. Se trata de 15 aves, 2 mamíferos y 4 reptiles. De este inventario potencial, sólo fueron cuatro especies las evidenciadas en campo, un mamífero (el puma *Felis concolor*) y tres aves: el halcón o aguililla peregrino (*Falco peregrinus*), halcón cola roja o águila cola roja (*Buteo jamaicensis*) y la caliandra palmera (*Icterus parisorum*). En total son 10 especies amenazadas (A), 10 especies en categoría de protección especies (Pr) y una especie rara (R).

Tabla IV.35 Listado de especies faunísticas protegidas en el área de estudio.

| Clase | Familia | Nombre científico | Nombre común | NOM-059-SEMARNAT-2001 |
|----------|----------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Mammalia | Phyllostomidae | <i>Leptonycteris nivalis</i> | Murciélago | A |
| Avis | Falconidae | <i>Falco mexicanus</i> | Halcón mexicano | A |
| Avis | Falconidae | <i>Falco temoralis</i> | Halcón apomado | A |
| Avis | Icterinae | <i>Icterus cucullatus</i> | Bolsero cuculado | A |
| Avis | Icterinae | <i>Icterus wagleri</i> | Ictero de Wagler | A |
| Avis | Trochilidae | <i>Amazilia violiceps</i> | Colibrí | A |
| Avis | Trochilidae | <i>Cyananthus sordidus</i> | Colibrí | A |
| Avis | Trogonidae | <i>Trogon elegans</i> | Coa elegante | A |
| Avis | Vireonidae | <i>Vireo nelsoni</i> | Vireo enano | A |
| Reptilia | Colubridae | <i>Lampropeltis mexicana</i> | Falso coralillo | A |
| Mammalia | Felidae | <i>Felis concolor</i> | Puma | Pr |
| Mammalia | Felidae | <i>Lynx rufus</i> | Lince o gato montés | Pr |
| Avis | Accipitridae | <i>Buteo jamaicensis</i> | Halcón cola roja | Pr |
| Avis | Falconidae | <i>Falco peregrinus</i> | Halcón peregrino | Pr |
| Avis | Fringillidae | <i>Carpodacus mexicanus</i> | Gorrión mexicano | Pr |
| Avis | Icterinae | <i>Icterus parisorum</i> | Calandria palmera | Pr |
| Avis | Mimidae | <i>Mimus poluplottos</i> | Cenzontle | Pr |
| Avis | Phasianidae | <i>Cyrtonyx montezumae</i> | Codorniz arlequín | Pr |
| Reptilia | Kinosternidae | <i>Kinosteron hirtipes</i> | Casquito de Anáhuac | Pr |
| Reptilia | Viperidae | <i>Crotalus durissus</i> | Cascabel | Pr |
| Reptilia | Colubridae | <i>Salvadora mexicana</i> | Culebra | R |

NOM-059-SEMARNAT-2001: A: Amenazada; Pr: Protección especial; R: Rara

IV.2.3 Paisaje

Visibilidad

El terreno montañoso de la región donde se enclavarán las instalaciones mineras a desarrollar, impide que el sitio del proyecto sea visible desde cualquier punto. Su ubicación, en la parte "interna" del valle relativo que conforma la barranca del arroyo Chabacán, hace que solamente se le puede observar desde cierta distancia, y en forma limitada, desde los puntos topográficamente altos que se ubiquen en forma general al SE y E del mismo.

Tal es el caso del único camino de acceso actualmente existente que proviene de la ciudad de Madera, el cual corre en un tramo por la parte superior de cordones y de topoformas tipo mesa, pudiendo apreciarse el sitio desde algunos lugares, como el mostrado en la foto IV.26 ubicado aproximadamente 8 km al SE.

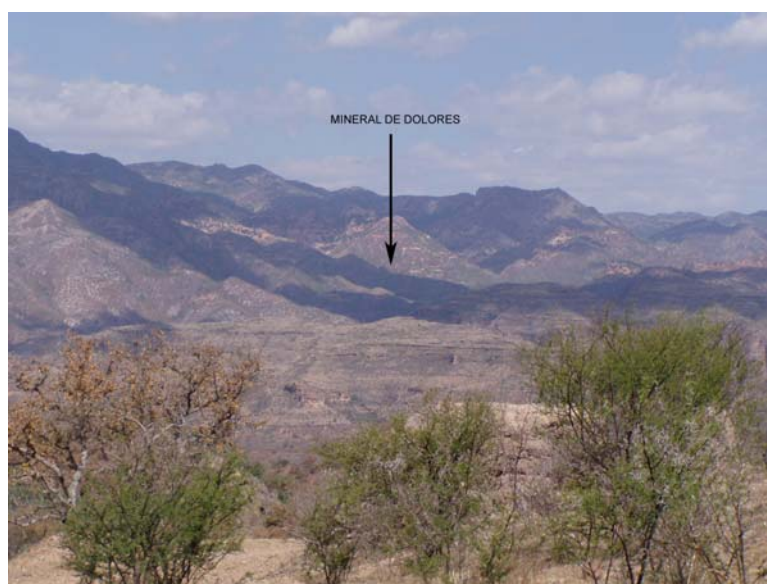


Foto IV.26 Panorámica del lugar donde se ubicará el proyecto.

(UTM 12R, X= 747,879 E, Y= 3,205,630 N; viendo al NW)

Sin embargo, cabe aclarar que las obras mineras no tendrán grandes implicaciones desde el punto de visibilidad por diversos motivos. Por un lado, se tiene que la densidad poblacional de la zona es muy baja y los habitantes de la misma se encuentran en rancherías muy dispersas en el abrupto y quebrado territorio, lo cual, como ya dijimos limita bastante la visibilidad. Por otra parte, el acceso de personas foráneas a la región es muy reducido, pues prácticamente no existe influjo de turistas en virtud de lo difícil del acceso. Por otro lado, el camino proveniente de la ciudad de Madera ya mencionado, dejará de ser el acceso principal, toda vez que se construirá uno nuevo desde Yepachic que canalizará la mayor parte del tráfico vehicular desde el S, siendo entonces el caso que las obras mineras no serán visibles en ningún momento desde esta nueva vía de acceso.

Calidad Paisajística

El área cerril donde se asentará el proyecto minero Dolores tiene una conformación rocosa, topográfica y morfológica que se puede considerar buena en términos generales, pero no

tiene un carácter único porque este tipo de conformaciones se repiten en toda esta parte de la zona serrana.

La calidad del paisaje del sitio es de bajo valor, en lo que a belleza escénica y visual se refiere, cuando se le compara con las partes más altas, tales como la vecina Mesa de San Agustín y otras, que presentan cañadas, relices, paredones y otros elementos geomorfológicos más atractivos, así como una formación vegetal igualmente más atrayente.

La parte del río Tutuaca posee el arbolado, peces y otras características que pueden ser de interés para posibles visitantes, incluyendo altos acantilados desarrollados en las rocas conglomeráticas de la Formación Báucarit. Sin embargo, esta zona queda fuera del perímetro de afectación del proyecto.

Fragilidad

El paisaje del área tiene una capacidad potencial buena para absorber los cambios que serán introducidos por las actividades mineras, los cuales serán compensados por las medidas de mitigación y restauración que se planea implementar. En virtud del régimen de lluvias y el tipo de vegetación presente, se espera que el paisaje se recupere en un plazo relativamente corto, disminuyéndose al máximo el contraste cromático y restableciéndose la estructura y diversidad de la vegetación.

Considerando que el paisaje es el resultado de la interacción entre el mundo biótico, el abiótico y el antropogénico, fundamentalmente de elementos interactuantes tales como vegetación, roca, suelo, relieve, clima, mantos acuíferos, etc., se tiene que en la región el paisaje al parecer está sufriendo una transformación que se evidencia por reconocerse en algunos sitios arbolados con encino, que las formas juveniles no son de tal tipo sino de matorral y especies relacionadas al mezquite. Como hipótesis de trabajo esto se puede correlacionar con las condiciones secas que reportan los lugareños y asociadas reducciones en el nivel freático, deducido esto último de que reportan que sus fuentes tradicionales de agua se agotaron en los últimos años. Esta supuesta sucesión paisajística muy bien puede ser de carácter regional y tener una alta influencia de actividades antropogénicas relacionadas a la deforestación y la ganadería, entre otras.

Por otro lado, el paisaje local sufrirá una transformación por las actividades mineras, principalmente en lo que a relieve y geomorfología se refiere pues se generará una depresión topográfica por efecto de la extracción del subsuelo del mineral, esto es, por el desarrollo del tajo. Además, se formará relieve positivo por la acumulación de material estéril en los terreros. Paisajísticamente hablando, el impacto de estas modificaciones al terreno será muy local, pues lo abrupto y quebrado de la topografía es un factor que favorece el que, una vez restituida la vegetación y por tanto, restaurados los terreros, éstos se "mezclen y fundan" con el entorno.

No es factible restaurar el tajo pero, al ser éste una depresión en un terreno abrupto, se espera que no sea apreciable desde la distancia sino solamente en su inmediata vecindad, motivo por lo cual su impacto en el paisaje por este motivo es igualmente no muy importante. Por otro lado, se espera que al menos parte del tajo se convierta en un lago en el largo plazo, lo cual será un impacto positivo en el paisaje.

IV.2.4. Medio socioeconómico**IV.2.4.1 Contexto regional**

El proyecto minero Dolores se desarrollará en las inmediaciones del poblado Mineral de Dolores, municipio de Madera, Chihuahua. Las localidades más cercanas al proyecto se indican en la tabla IV.36, la cual incluye sus coordenadas y distancia en línea recta, mientras que la tabla IV.37 presenta las distancias a todas aquellas rancherías y comunidades para las cuales se pudieron obtener datos sobre población y que se encuentran alejadas entre 10 y 50 km. Adicionalmente al contenido de estas tablas, la figura IV.19 presenta gráficamente la ubicación de otras localidades de las que se desconoce el número de pobladores. Al parecer son pequeños ranchos o rancherías por lo que sus habitantes deben ser unos cuantos a lo sumo.

Tabla IV.36 Localidades en un radio de 10 km del sitio del proyecto Dolores.

| LOCALIDAD | COORDENADAS GEOGRÁFICAS | | DISTANCIA EN LÍNEA RECTA AL SITIO DEL PROYECTO |
|----------------------|-------------------------|------------|--|
| | Latitud | Longitud | |
| Mineral de Dolores | 28°59'21" | 108°32'19" | Sitio del proyecto |
| Arroyo Amplio | 28°58'31" | 108°33'45" | 2.8 km SW |
| La Palmita | 28°57'41" | 108°29'20" | 5.7 km SE |
| Los Arbolitos | 29°01'47" | 108°34'52" | 6.1 km NW |
| Arroyo Agua Hedionda | 28°58'01" | 108°28'17" | 7.0 km ESE |
| La Junta | 28°57'33" | 108°26'54" | 9.4 km ESE |
| El Refugio | 28°54'31" | 108°35'51" | 10.643 km SSW |

Tabla IV.37 Localidades localizadas entre 10 y 50 km del sitio del proyecto Dolores.

| <i>Localidad</i> | <i>Distancia en línea recta al proyecto (km)</i> |
|---------------------|--|
| La Palmita (2) | 13.70 |
| Las Higueras | 15.48 |
| La Aguja | 15.86 |
| Los Arbolitos (2) | 20.21 |
| El Refugio (2) | 20.62 |
| Los Arbolitos (3) | 27.8 |
| Casa Colorada | 49.63 |
| Guadalupe | 21.08 |
| Matarachi | 44.38 |
| Tarachi | 44.83 |
| Mulatos | 42.35 |
| Cinco Nombres | 13.86 |
| Tres Ojitos | 46.77 |
| El Coyote | 30.78 |
| Sirupa | 32.94 |
| Ejido Casa Colorada | 49.49 |
| Colonia Nahuerachi | 44.45 |
| Madera | 44.43 |
| Huapoca | 28.50 |
| Agua Amarilla | 28.37 |
| Las Huertas | 30.36 |

| | |
|-------------------|-------|
| El Cuatro | 34.62 |
| Mesa Blanca | 20.90 |
| Ciénega San Jorge | 29.08 |
| Nátora | 23.11 |
| El Moquete | 21.08 |
| Corral de Piedra | 34.27 |
| San Antonio | 16.03 |
| Rancho Colorado | 30.02 |
| El Uno | 24.55 |
| El Rincón | 44.23 |
| Basopa | 46.59 |
| El Tabacote | 42.37 |

Nota: (2) y (3) significan que son las segundas y terceras localidades con ese nombre respectivamente.

De acuerdo a la CONAPO (2000), el municipio de Madera en general tiene un grado de marginación bajo, lo cual se determina considerando el índice de marginación, mismo que mide "el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas". Sin embargo, hay contrastes grandes dentro del municipio pues es muy diferente la situación en la cabecera y en las zonas serranas de difícil acceso, como es el caso de Dolores.

El INEGI incluye a la zona donde se desarrollará el proyecto minero Dolores en la región económica C, caracterizada por un salario mínimo diario de \$40.30 pesos, lo que la cataloga como una de las regiones más marginadas de México, con un nivel de pobreza de 6. Existe así un rezago económico, social y demográfico manifiesto en estas comunidades rurales de remota ubicación geográfica y con pobre o nula infraestructura de servicios y de vías de comunicación.

La región no cuenta con servicios básicos como energía eléctrica, agua potable o para el manejo y disposición de la basura y aguas residuales. Por lo tanto, el proyecto minero contempla la introducción de estos servicios como parte de los proyectos asociados al mismo.

El área de estudio corresponde a un ecosistema degradado y de baja productividad agrícola, ganadera y forestal. Actualmente, el uso principal del suelo en esta zona es el de pastoreo de animales domésticos como cabras, vacas, caballos, mulas y burros, con muy escasa agricultura de temporal en las laderas de los cerros.

Los terrenos del sitio del proyecto son de régimen ejidal y pertenecen al ejido Huizopa, con cuyos representantes la empresa ha firmado acuerdos formales de ocupación temporal para el desarrollo de las obras mineras. En la actualidad no existen reservas territoriales para el desarrollo urbano dentro de los terrenos de este ejido.

Figura IV.19 Comunidades en un radio de 10, 20 y 50 km del sitio del proyecto

IV.2.4.2 Demografía

Dinámica de la población

La tasa de crecimiento en el estado de Chihuahua fue de 2.27% en el decenio 1990-2000, mientras que para el municipio de Madera se reporta un 1.2% (CONAPO, 2004). Las comunidades más cercanas (10 km o menos) al sitio del proyecto se muestran en la tabla IV.36. Todas ellas pertenecen al municipio de Madera, Chihuahua, y suman una población total de 286 habitantes.

A nivel estatal se registra una densidad de población de 12.98 hab/km² mientras que para el municipio es de 4.17 hab/km². El municipio de Madera cuenta con una población total de 34,056 personas de las que 17,305 son hombres y 16,751 son mujeres. Por otra parte, 19,954 son los mayores de 15 años que saben leer y escribir.

Crecimiento y distribución de la población

Las principales características de población en las localidades cercanas al proyecto se muestran en la siguiente tabla IV.38.

Relocalización del poblado Mineral de Dolores

Dado que el yacimiento a explotar se localiza en el lugar donde se asienta el actual poblado Mineral de Dolores, se requerirá reubicar a los pobladores a una nueva área dentro del mismo ejido Huizopa. Actualmente se están evaluando varios sitios en la zona y se está elaborando el proyecto correspondiente para someterlo a las autorizaciones en materia ambiental y en materia de uso de suelo ante las autoridades municipales, estatales y federales.

El desarrollo del proyecto minero Dolores, provocará movimiento de personas hacia la zona, tanto de otros lugares del municipio como del resto del estado de Chihuahua. Los efectos y magnitud de esta inmigración serán benéficos para la región principalmente en cuanto a la derrama económica que resultará de la contratación de personal para laborar en el proyecto minero, así como por el incremento en la demanda de bienes y servicios. Así mismo, se esperan efectos positivos en cuanto a la introducción de servicios de energía eléctrica y mejoramiento de infraestructura de caminos para afrontar este proceso de inmigración ya que la Compañía Minera Dolores, S.A. de C.V., instalará un campamento para proporcionar hospedaje, alimentación y todos los servicios, incluyendo transporte, a todo el personal que laborará en la mina.

Natalidad y Mortalidad

La esperanza de vida promedio en el estado de Chihuahua es de 75.8 años. La tasa bruta de natalidad en la entidad es de 20.1 nacimientos vivos por cada mil habitantes, mientras que la tasa de mortalidad general es de 4.1 defunciones por cada mil personas y la de mortalidad infantil es de 0.03%. Las principales causas de mortalidad en el estado son:

1. Enfermedades isquemias del corazón
2. Diabetes mellitus
3. Enfermedades cerebro-vasculares
4. Agresiones
5. Enfermedades de la circulación (corazón)
6. Neumonía e influenza
7. Dificultad respiratoria
8. Accidentes de tráfico
9. Tumores malignos

Tabla IV.38 Distribución de la población cercana al proyecto Dolores

| | LOCALIDAD | POBLACIÓN TOTAL | HOMBRES | MUJERES | POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS, ALFABETA |
|----------------------|----------------------|-----------------|---------|---------|--------------------------------------|
| En un radio de 10 km | Mineral de Dolores | 258 | 127 | 131 | 118 |
| | Arroyo Amplio | 17 | 8 | 9 | 12 |
| | La Palmita | 1 | - | - | - |
| | Los Arbolitos | 1 | - | - | - |
| | Arroyo Agua Hedionda | 1 | - | - | - |
| | La junta | 5 | - | - | - |
| | El Refugio | 3 | - | - | - |
| Entre 10 y 50 Km | La Palmita (2) | 8 | - | - | - |
| | Las Higueras | 3 | - | - | - |
| | La Aguja | 18 | 10 | 8 | 6 |
| | Los Arbolitos (2) | 6 | - | - | - |
| | El Refugio (2) | 122 | 65 | 57 | 66 |
| | Los Arbolitos (3) | 13 | - | - | - |
| | Casa Colorada | 56 | 27 | 29 | 25 |
| | Guadalupe | 49 | 29 | 20 | - |
| | Matarachi | 141 | 73 | 68 | - |
| | Tarachi | 391 | 188 | 203 | - |
| | Mulatos | 339 | 182 | 157 | - |
| | Cinco Nombres | 5 | - | - | - |
| | Tres Ojitos | 293 | 150 | 143 | - |
| | El Coyote | 60 | 32 | 28 | - |
| | Sirupa | 10 | 6 | 4 | - |
| | Ejido Casa Colorada | 56 | 27 | 29 | - |
| | Colonia Nahuera | 203 | 106 | 97 | - |
| | Madera | 14,810 | 7,362 | 7,448 | - |
| | Huapoca | 13 | 7 | 6 | - |
| | Agua Amarilla | 160 | 95 | 65 | - |
| | Las Huertas | 9 | - | - | - |
| | El Cuatro | 4 | - | - | - |
| | Mesa Blanca | 166 | 83 | 83 | - |
| | Ciénega San Jorge | 5 | 3 | 2 | - |
| | Nátora | 237 | 128 | 109 | - |
| | El Moquete | 11 | 8 | 3 | - |
| | Corral de Piedra | 5 | - | - | - |
| | Los Aguajes | 5 | - | - | - |
| | San Antonio | 4 | - | - | - |
| | Rancho Colorado | 1 | - | - | - |
| El Uno | 4 | - | - | - | |
| El Rincón | 2 | - | - | - | |
| Basopa | 3 | - | - | - | |
| El Tabacote | 1 | - | - | - | |

Notas: (2) y (3) significan que son las segundas y terceras localidades con ese nombre respectivamente.

- Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda, 2000.

Migración

En el estado de Chihuahua se reporta un saldo neto migratorio de 11.83%, lo que significa que la población inmigrante rebasa a la población que emigra del estado.

Lo precario de la economía en algunos municipios ocasiona la migración y el bajo índice de crecimiento demográfico, convirtiéndolos en zonas de expulsión demográfica (tasa negativa de crecimiento). El desplazamiento de personas se da principalmente hacia las cabeceras de los municipios, a las costas, a los valles agrícolas y hacia Estados Unidos.

Vivienda

Las condiciones de vivienda de las familias maderenses no corresponden en su mayoría a una vivienda digna. Tradicionalmente, la edificación de la vivienda en el municipio es mediante la utilización de materiales de la región por lo que las casas comúnmente presentan techo de madera y lamina así como paredes de adobe y block (cemento y arena). Un porcentaje mínimo (8%) de las viviendas son edificadas empleando totalmente madera.

El número total de viviendas y sus características en algunas comunidades en la región del proyecto, así como para el municipio de Madera, se presentan en la tabla IV.39. En la región del proyecto, resalta el que sean pocas las viviendas que: (1) están construidas con material de desecho, (2) cuentan con piso que no sea de tierra, y (3) que emplean gas para cocinar los alimentos. Esto se explica por ser una zona rural y de muy difícil acceso.

Urbanización y servicios

En general, las comunidades cuentan con escasa o nula cobertura de servicios básicos por la remota ubicación de las mismas y la falta de infraestructura de acceso. De acuerdo a datos del Plan Municipal de Desarrollo 2002-2004, del total de viviendas asentadas en localidades del municipio de Madera, el 75 % cuenta con el servicio de agua entubada, 50% alumbrado publico, 30% mantenimiento a drenaje urbano, 80% seguridad publica y el 10% pavimentación.

En el municipio hay 15 sistemas de agua potable de los cuales la Junta Municipal de Agua sólo administra el de la cabecera municipal. El resto de los sistemas y subsistemas son autoadministrados por los habitantes de sus comunidades.

Según el Rotafolio de Información Básica que emite la Brigada Móvil Madera II, en la región del proyecto se reportan al menos 148 casas con agua entubada y 148 casas con abasto de agua fuera de la casa. Sin embargo la información del INEGI sobre las localidades de la región muestra que solo 3 viviendas en el Mineral de Dolores tienen agua entubada, 10 casas disponen de energía eléctrica (aunque no llegan líneas eléctricas de la CFE, por lo que deben ser de otra fuente distinta como la energía solar) y ninguna casa cuenta con drenaje (tabla IV.40).

Tabla IV.39 Características de las viviendas en las comunidades cercanas al proyecto y en el municipio de Madera.

| LOCALIDAD | TOTAL DE VIVIENDAS HABITADAS | VIVIENDAS CON PAREDES DE MATERIAL DE DESECHO Y LAMINAS DE CARTÓN | VIVIENDAS CON TECHOS DE MATERIAL DE DESECHO Y LAMINA DE CARTÓN | VIVIENDAS CON PISO DE MATERIAL DIFERENTE DE TIERRA | VIVIENDAS CON 2 A 5 CUARTOS | VIVIENDAS QUE UTILIZAN GAS PARA COCINAR |
|----------------------|------------------------------|--|--|--|-----------------------------|---|
| Mineral de Dolores | 52 | 0 | 0 | 8 | 18 | 4 |
| Arroyo Amplio | 5 | 0 | 0 | 3 | 4 | 0 |
| La Palmita | 1 | - | - | - | - | - |
| Los Arbolitos | 1 | - | - | - | - | - |
| Arroyo Agua Hedionda | 1 | - | - | - | - | - |
| La Junta | 5 | - | - | - | - | - |
| El Refugio | 1 | - | - | - | - | - |
| La Palmita (2) | 1 | - | - | - | - | - |
| Las Higueras | 1 | - | - | - | - | - |
| La Aguja | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Los Arbolitos (2) | 1 | - | - | - | - | - |
| El Refugio (2) | 27 | 0 | 0 | 4 | 15 | 1 |
| Los Arbolitos (3) | 2 | - | - | - | - | - |
| Casa Colorada | 16 | 0 | 4 | 7 | 4 | 1 |
| Municipio de Madera | 8712 | 10 | 905 | 7840 | 6095 | 3835 |

* Dato no disponible.

Tabla IV.40 Cobertura de servicios básicos en algunas localidades.

| Localidad | Total de viviendas habitadas | Promedio de ocupantes por vivienda | viviendas que disponen de agua entubada | viviendas que disponen de drenaje | viviendas que disponen de energía eléctrica |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| Mineral de Dolores | 52 | 4.98 | 3 | 0 | 10 |
| Arroyo Amplio | 5 | 3.25 | 3 | 1 | 0 |
| La Palmita | 1 | - | - | - | - |
| Los Arbolitos | 1 | - | - | - | - |
| Arroyo Agua Hedionda | 1 | - | - | - | - |
| La Junta | 1 | - | - | - | - |
| El Refugio | 1 | - | - | - | - |
| La Palmita (2) | 1 | - | - | - | - |
| Las Higueras | 1 | - | - | - | - |
| La Aguja | 3 | 6.00 | 3 | 0 | 0 |
| Los Arbolitos (2) | 1 | - | - | - | - |
| El Refugio (2) | 27 | 4.52 | 26 | 0 | 24 |
| Los Arbolitos (3) | 2 | - | - | - | - |
| Casa Colorada | 16 | 3.47 | 0 | 0 | 15 |
| Total municipio de Madera | 8712 | 3.91 | 7666 | 3988 | 7980 |

Fuente: INEGI, Información por localidades.

Salud y seguridad social

A nivel municipal existen un total de 14 unidades médicas de consulta externa y 2 unidades de hospitalización general que pertenecen al ISSTE, IMSS Solidaridad y a los Servicios de Salud de Chihuahua. Adicionalmente, en la cabecera municipal se tiene a la Cruz Roja, clínicas particulares y pensiones civiles.

El sector salud presenta rezagos en las localidades marginadas y rancherías donde se dificultan las campañas de salud en virtud de lo difícil del acceso y por la insuficiente o inexistente infraestructura sanitaria (agua potable, drenaje o escusados ecológicos, y rellenos sanitarios). Además, se presentan deficiencias alimenticias y es insuficiente el personal médico asignado a la atención a las comunidades serranas. Como consecuencia, es escasa la participación de las comunidades en programas preventivos.

La jurisdicción sanitaria a la que pertenece el Mineral de Dolores es la zona IV-Cuauhtémoc. Existe una brigada médica móvil denominada Madera II, dependiente de la Subsecretaría de Servicios de Salud de Chihuahua, con sede en el Mineral de Dolores y dos subsedes que son El Coyote y Nuevo Madera. El recorrido que hace esta brigada por las comunidades es de aproximadamente 1,500 km enfrentando varias zonas de muy difícil acceso por la orografía y las condiciones climáticas adversas en invierno.

El diagnóstico de salud que emite esta brigada establece que en el Mineral de Dolores las principales causas de enfermedad en niños menores de 5 años son las IRAS, shigelosis, oxiuriasis, amibiasis intestinal, dermatitis atópica, angina estreptococcica, EDAS, conjuntivitis mucopurulenta y otitis media aguda. Mientras que las causas más frecuentes de enfermedad en la población en general son: IRAS, osteoartropatias, amibiasis intestinal, shigelosis, úlceras-gastritis y duodenitis, oxiuriasis, HTA, otitis media aguda, escabiosis, alergias, I.V.U., tricomoniasis urogenital, accidentes, conjuntivitis mucopurulenta, diarrea y angina estreptococcica.

Educación

El grado de escolaridad promedio en el municipio de Madera es de 5.86 años. El INEGI (2002) reporta que a nivel municipal, en el ciclo escolar 2000-2001, había una población estudiantil de 10,012 alumnos que, por nivel educativo, correspondían a 1,114 estudiantes en preescolar, 6,117 en primaria, 1,910 en secundaria, 89 en profesional medio y 782 educandos en bachillerato. Eran atendidos por 121 planteles que variaban de preescolar a bachillerato. Por otro lado, el gobierno municipal, en su Plan Municipal de Desarrollo 2001-2004, establece la existencia de 120 planteles distribuidos de la siguiente manera:

| <i>Nivel</i> | <i>Cantidad de planteles escolares</i> |
|--------------------------------|--|
| Jardines de niños | 40 |
| Primarias | 62 |
| Secundarias | 12 |
| Bachilleratos | 4 |
| Centro comunitario del ITESM | 1 |
| Centro de atención tecnológica | 1 |

El documento citado establece además que en el municipio existen cuatro bibliotecas públicas y que para las escuelas de sistema bilingüe y bicultural se cuenta con el apoyo del Instituto de Educación para Adultos (INEA).

A nivel del municipio se tiene que el 92.2% (19,954/21,635) de la población de 15 años en adelante es alfabeta, desglosándose en 10,063 hombres y 9,891 mujeres. Analfabetas mayores de 15 años son 913 hombres y 761 mujeres. En la región del proyecto se reporta que el 5% de la población es analfabeta y que sólo el 25% de los habitantes han completado la primaria y el 5% la secundaria. Por su parte, para el poblado Mineral de Dolores se reportan 118 personas alfabetas mayores de 15 años.

En lo que se refiere a educación indígena, el INEGI (2002) establece que en el ciclo 2000-2001 había en el municipio una escuela preescolar con 16 alumnos inscritos y 3 escuelas primarias con 6 profesores para atender a una población escolar indígena de 112 estudiantes.

Presencia de grupos étnicos

En el Estado de Chihuahua se reconocen cuatro grupos étnicos que, en la actualidad, comprenden una población aproximada de 110 mil personas, de las cuales el 90% corresponden a la etnia tarahumara o "rarámuri", el 8% se identifican como tepehuanes u "ódames", el 1% son guarojios o "makuráwe" y el 1% restante pertenecen al pueblo pima, oichkama u "o'oba".

La población indígena de la entidad habita en asentamientos dispersos de la zona serrana. Existen 6,998 comunidades registradas en el estado de las que el 86 por ciento cuentan con menos de 50 habitantes y se encuentran ubicadas en territorios de difícil acceso. Esta dispersión de las comunidades étnicas no representa un factor de desintegración de los grupos indígenas, pero si constituye una dificultad para su desarrollo y modernización.

En el estado se ha presentado, en los últimos 30 años, un proceso migratorio que ha expulsado a un importante número de familias indígenas del campo hacia la ciudad, quienes han conformado asentamientos urbanos en las principales ciudades, destacando Chihuahua, Juárez, Cuauhtémoc, Camargo, Delicias y Jiménez. Se estiman 1,300 las familias migrantes.

En el territorio del municipio de Madera, históricamente se desarrollaron las etnias Tarahumara y Pimas. Sin embargo, el municipio no destaca por la abundancia de indígenas como sí es el caso de Guachochi, Balleza, Bocoyna, Batopilas, Guadalupe y Calvo, Urique, Guazapares y Morelos. De esta forma, el INEGI sólo reporta en el territorio municipal 271 personas de 5 años y más que hablan alguna lengua indígena. En sí, en el área de influencia del proyecto no se encuentran asentamientos étnicos pero se reconoce que la zona forma parte de la sección de la Sierra Madre Occidental conocida como la "Sierra Tarahumara", la cual se extiende hacia el S.

En la Sierra Tarahumara los servicios básicos son muy escasos. Así, el 95% de las viviendas no cuentan con energía eléctrica, el 92% carece de agua entubada y el 99% no dispone de drenaje y alcantarillado. Por otro lado, la población económicamente activa de la región serrana es de 24% y de ella, sólo la cuarta parte es indígena, de la cual el 85 por ciento se ocupa en actividades agrícolas de autoconsumo.

Población económicamente activa

En el estado de Chihuahua 1,129,737 habitantes representan la población económicamente activa y 1,009,811 de personas se consideran económicamente inactivos. A nivel estatal se reporta el siguiente porcentaje de ocupación según sector y actividad:

| | |
|---------------------------------------|-------|
| Industria manufacturera | 33.8% |
| Comercio | 14.9% |
| Agricultura y ganadería | 8.9% |
| Construcción | 7.5% |
| Servicios educativos | 4.6% |
| Servicios de Hoteles y restaurantes | 3.9% |
| Transportes, correos y almacenamiento | 3% |
| Minería | 39 % |
| Otros | 23% |

En el municipio de Madera, la población económicamente activa suma 9,993 habitantes y 14,087 los que son económicamente inactivos (tabla IV.41). El 30.46% de la población económicamente activa se ocupa en el sector primario, el 23.43% en el sector secundario y 40.59% en el sector terciario.

De los 512 habitantes de las localidades cercanas al proyecto minero Dolores especificadas en la tabla IV.41, sólo 114 personas constituyen la población económicamente activa (PEA) y 188 pertenecen a la población económicamente inactiva. 74% de la PEA se ocupa en el sector primario, 8.7% en el sector secundario y 11.4% en el sector terciario.

Tabla IV.41 Población económicamente activa y sector de ocupación en algunas localidades.

| Localidad | Población total | PEA ¹ | PEI ² | población | | | |
|---------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | | | Total ocupada | sector primario ¹ | Sector secundario ² | sector terciario ³ |
| Mineral de Dolores | 258 | 50 | 113 | 50 | 29 | 7 | 10 |
| Arroyo Amplio | 17 | 7 | 5 | 7 | 6 | 0 | 1 |
| La Palmita | 1 | - | - | - | - | - | - |
| Los Arbolitos | 1 | - | - | - | - | - | - |
| Arroyo Agua Hedionda | 1 | - | - | - | - | - | - |
| La Junta | 5 | - | - | - | - | - | - |
| El Refugio | 3 | - | - | - | - | - | - |
| La Palmita (2) | 8 | - | - | - | - | - | - |
| Las Higueras | 3 | - | - | - | - | - | - |
| La Aguja | 18 | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 | 0 |
| Los Arbolitos (2) | 6 | - | - | - | - | - | - |
| El Refugio (2) | 122 | 46 | 40 | 45 | 39 | 3 | 1 |
| Los Arbolitos (3) | 13 | - | - | - | - | - | - |
| Casa Colorada | 56 | 7 | 25 | 7 | 6 | 0 | 1 |
| Total municipio de Madera | 34056 | 9993 | 14087 | 9758 | 3044 | 2342 | 4057 |

Notas:

(2) y (3) significan que son las segundas y terceras localidades con ese nombre respectivamente.

¹ Sector primario: agricultura, ganadería, forestal, caza y pesca;

² Sector secundario: actividades industriales, minería

³ Sector terciario: actividades comerciales, turismo

Principales actividades productivas

En el Plan Municipal de Desarrollo 2002-2004 del municipio de Madera se manifiesta el mejoramiento de las condiciones de vida de los maderenses como objetivo principal del gobierno.

A nivel del municipio se realizan principalmente actividades correspondientes al sector primario como son la agricultura de temporal, ganadería, explotación forestal, caza y pesca.

En la región del proyecto Dolores al menos 65% de las actividades productivas se relacionan con la agricultura de temporal, el 2% al comercio y el resto a otras actividades entre las que se encuentra la ganadería.

IV.2.4.3 Factores socioculturales

Los habitantes de la zona de influencia del proyecto aprovechan los recursos naturales principalmente para la crianza de ganado bovino, caprino y equino. En virtud de que el área no posee las características adecuadas para la agricultura, de forma muy limitada a nula se da la siembra de cultivos como el maíz, el frijol y pastizal principalmente en los mismos lotes de las viviendas o en pequeñas parcelas desmontadas para tal fin en lugares con pendiente suave. Así mismo, en los patios de sus moradas, algunos habitantes del Mineral de Dolores tienen frutales como naranja, manzana y limoneros.

El aprovechamiento de la vegetación natural, adicional a la crianza de ganado ya mencionada, es baja y destinada al uso local, principalmente para el desarrollo de postería para cercos y corrales, así como para la construcción de casas y como combustible en la forma de leña. Es de notar que los habitantes del Mineral de Dolores prácticamente no utilizan medicinalmente a la vegetación.

El desarrollo del proyecto implicará que el poblado tendrá que ser reubicado, lo cual es aceptado por los lugareños, quienes no identifican dentro del polígono de las obras del proyecto sitios que ellos valoren de alguna forma especial ya sea por sus costumbres, tradiciones o algún otro factor valorativo. Un elemento sociocultural importante es el cementerio actual, pero éste no será afectado por las obras.

Por su parte, el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) estudió el área no encontrando sitios de interés arqueológico o histórico, motivo por lo cual expidió el documento de liberación respectivo.

En general, los pobladores del Mineral de Dolores reconocen la importancia de operar el proyecto por los múltiples beneficios que significará para la región en la forma de empleos y el desarrollo de infraestructura básica como son la introducción de la energía eléctrica y la construcción y mantenimiento de caminos que permitirán una fácil comunicación terrestre con otras comunidades importantes, facilitando la atención médica y más fácil acceso a distintos tipos de mercancías y bienes. Sin embargo, manifiestan cierta incertidumbre acerca de cómo las operaciones mineras pueden afectar al entorno y sus consecuencias a largo plazo en el lugar. Ante esto, la compañía mantiene una campaña de comunicación con la comunidad para efecto de brindar toda la información pertinente y aclarar cualquier duda que surja al respecto.

IV.2.5. Diagnóstico ambiental

A Integración e interpretación del inventario ambiental

El proyecto minero involucra la extracción del subusuelo de una mena de oro y plata mediante el método de cielo abierto. El mineral extraído se apilará en montones que serán regados con una solución de baja concentración de cianuro de la que se recuperarán los valores de los metales preciosos mediante precipitación con zinc por el método de Merrill-Crowe.

De esta forma, las obras que específicamente se efectuarán son: tajo, cuatro terreros (terreros Norte, Sur, Este y Oeste), patio de lixiviación, área de proceso e infraestructura de soporte, como caminos, áreas de maniobra, polvorín y obras de desvío de aguas. No habrá presa de jales o equivalente pues no se generarán este tipo de desechos. Como se describe en otras partes de este documento, un objetivo fundamental del diseño del proyecto fue minimizar al máximo los impactos al ambiente natural, considerándose esto en lo que se refiere a diseño del proceso y las operaciones así como en la ubicación y extensión de las obras mineras y las de apoyo. Sin embargo, es importante mencionar que para algunas de ellas no es posible encontrar sitios alternativos o éstos son limitados ya sea por características naturales intrínsecas, como lo es el caso del tajo que forzosamente se desarrollará en el lugar donde se ubica el cuerpo mineral a explotar, o por que las condiciones del terreno y otros elementos del medio físico, en combinación con aspectos técnico-económicos, reducen las posibles opciones, generalmente circunscribiéndolas a las inmediaciones del cuerpo mineral.

Estos aspectos, así como las características del entorno natural y sus interacciones con las actividades mineras, fueron elementos fundamentales en la delimitación del sistema ambiental y para la integración e interpretación del inventario natural que aquí se presenta. Las consideraciones del párrafo anterior imponen, en cierta forma, limitaciones a la forma de valorar los componentes del inventario natural. De cualquier manera, en la medida de lo posible, para este fin, y sobre todo, para identificar los puntos y componentes críticos, se tomaron en cuenta aspectos normativos, de diversidad, rareza, naturalidad, grado de aislamiento, calidad, singularidad e irreversibilidad, entre otros.

El proyecto se ubica en la Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte de la Provincia de la Sierra Madre Occidental. Esta Subprovincia corresponde a una zona de topografía abrupta y quebrada en la que predominan las sierras altas que llegan a alcanzar los 2,600 m.s.n.m., presentando cañadas y valles con paredes en forma de V, siendo abundantes los escarpes y relieves. Estas características las presenta la zona del proyecto minero Dolores, el cual se enclava principalmente en el valle complejo en V del arroyo Chabacán y una pequeña porción en el del arroyo San Agustín, ambos afluentes del cercano río Tutuaca. El poblado actual del Mineral de Dolores se localiza a los 1,500 m.s.n.m., en un sitio que será modificado por el tajo. En los lugares donde se desarrollarán las obras mineras son escasas las pendientes mayores a 100% así como los rasgos escarpados.

Estas características fisiográfico-geomorfológicas están relacionadas al trabajo de los procesos exógenos (erosión e intemperismo) moldeando un relieve con controles dados por las características litológicas y estructurales de las formaciones geológicas presentes. Existen dos sucesiones compuestas de rocas volcánicas y volcánicas. La más antigua, conocida como la "secuencia volcánica inferior", es de composición intermedia y aloja al cuerpo mineral de interés para este proyecto. Estratigráficamente y topográficamente por encima, se encuentra la "secuencia volcánica superior", misma que es de naturaleza félsica y mucho más resistente a la erosión que la anterior, de tal forma que constituye las partes más altas y abruptas de la zona de estudio mientras que la secuencia volcánica inferior aflora en las partes internas y relativamente bajas del valle complejo del arroyo Chabacán, es decir forma

sus paredes, lecho y otras topoformas (cerros y mesas) en su interior. Estas secuencias tienen una distribución geográfica tan amplia que son típicas de la Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte y, en sí, de toda la Sierra Madre Occidental.

Otras formaciones en el área de estudio del sistema ambiental, aunque por fuera de los sectores a ser modificados por las operaciones mineras, corresponden a conglomerados, areniscas y basaltos intercalados de la Formación Báucarit así como coladas de rocas máficas mucho más jóvenes. Ambas unidades son bastante comunes en esta parte de la Sierra Madre Occidental aunque su distribución no es tan amplia como las secuencias volcánicas antes mencionadas. La Formación Báucarit es muy resistente a los agentes erosivos y forma escarpes, en algunos lugares prácticamente verticales. Las estructuras geológicas más comunes corresponden a fallas y fracturas de alto ángulo, con movimientos tanto en rumbo como en echado, de orientaciones NE-SW y NW-SE, aunque se aprecian otras orientaciones y tipos de rasgos. La fracturación de las rocas es mayor en la vecindad de las estructuras.

Sobre las rocas anteriores han actuado los procesos pedogénicos, con influencia de factores topográficos, climatológicos y bioquímicos, para generar los suelos típicos del área. Estos son el luvisol crómico, el litosol y el cambisol crómico. El litosol predomina donde la pendiente es mayor y su coloración está relacionada a la roca madre subyacente. Por su parte, los litosoles y cambisoles presentan coloraciones café a rojizas y una susceptibilidad a la erosión de intermedia a alta. Salvo en lugares muy propicios, no son muy potentes. Su clase textural más abundante es media por lo que en las muestras tomadas las texturas predominantes fueron la franco arenosa y la franco arcillo arenosa. La estabilidad edafológica es de intermedia a baja. Las características edafológicas del lugar son comunes a la región y no representan características especiales o únicas.

En promedio, la temperatura anual es 15.3^o C y la precipitación anual de 613 mm, presentándose la temporada de lluvias en el verano, estación que es cálida por lo que el clima se considera templado subhúmedo y muy extremo. De acuerdo a la modificación de Enriqueta García al sistema de Köppen es del tipo C(w_o)(x')a(e'). La zona está fuera de la influencia de las tormentas y ciclones del Pacífico, presentándose los eventos climáticos más extremos en la época de frío cuando llega incluso a nevar.

El valle y sistema de cañadas del arroyo Chabacán se inclinan, y por lo tanto, drenan de Oeste a Este el escurrimiento superficial colectado en una área de 17.6 km². Las cabeceras de este arroyo y de sus tributarios llegan a estar a alturas por arriba de los 2,000 m.s.n.m y escurren al río Tutuaca que en este sector se encuentra a una elevación de 1,060 m.s.n.m. El área de drenado (395 km²) de este río constituye la subcuenca "r" de la cuenca B (río Yaqui) (71,776 km² totales, 14,494.1 km² en Chihuahua) de la región hidrológica 9 (Sonora Sur). De esta forma, la microcuenca del Chabacán sólo representa el 4 % de las superficie de la subcuenca r, el 2.6% de la porción de la cuenca B ubicada en Chihuahua y el 0.5% del total de la misma. A su vez, las 594.82 ha del proyecto minero representan el 1.5 % de la subcuenca r y el 0.008% de la cuenca B río Yaqui. 553.66 ha del proyecto minero se ubican en la microcuenca del arroyo Chabacán y representan el 31.5% de la misma. Otras 41.2 ha del proyecto caen en la parte alta de la microcuenca del arroyo San Agustín pero sólo representan una mínima parte de la misma.

Los escurrimientos del Chabacán actualmente no presentan aprovechamiento alguno por lo que desembocan al río Tutuaca, el cual se une al río Sirupa-Aros mismo que, tras unirse a otros tributarios, eventualmente se convierte en el río Yaqui para alcanzar la presa Plutarco Elías Calles, ubicada en el estado de Sonora a varios cientos de kilómetros aguas abajo del Mineral de Dolores. La calidad del agua superficial en el sitio del proyecto, conforme a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, en lo referente a desarrollo y conservación de la vida acuática, no es la adecuada en lo que se refiere a sulfato y bario, y en algunas muestras en manganeso y fluoruro. Los parámetros con valores adecuados son

cloruro, antimonio, arsénico, titanio y mercurio. En general, la mejor calidad de agua para la vida acuática se encuentra en la parte alta de la microcuenca en la cabecera del Chabacán. Para uso pecuario la calidad es adecuada.

La zona donde se desplantarán las obras mineras está subyacida por material consolidado de posibilidades bajas para servir como acuífero, correspondiente a las rocas de composición andesítica de la Secuencia Volcánica Inferior. Sin embargo, la porosidad secundaria es variable, incrementándose obviamente en las cercanías de fallas y otras estructuras que han inducido fracturamiento a las rocas. En esta zona, el agua subterránea se encuentra a profundidades que varían de 69 m de la superficie hasta el nivel de la misma (manantiales) a alturas entre los 1,400 y 1,576 m.s.n.m., estando las mayores elevaciones al Oeste, lo que refleja la topografía y otras características de la microcuenca del arroyo Chabacán. En la actualidad, no existen usos significativos para esta agua, salvo para las actividades de exploración del yacimiento mineral. Su calidad es baja de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 (modificada en el año 2000), siendo el principal problema los metales pesados lo que la hace en general no apta para consumo humano. En las muestras colectadas, se excedían comúnmente los valores permitidos de hierro, manganeso, aluminio, arsénico y fluoruro.

Conforme al régimen climático, elevación, suelos y fisio-topografía, así como a las actividades antropogénicas y socioculturales, en el área se presentan dos asociaciones florísticas: (1) matorral subinerme con amplias zonas de nopaleras; y, (2) bosque de encino. Existen zonas de alta perturbación de la cobertura vegetal natural. En los lugares de las obras mineras hay entre un 30 y 40% de terreno sin cobertura natural y en el resto predomina el matorral subinerme-nopaleras.

En total se reconocieron 93 especies perennes de flora correspondientes a 40 familias pero 7 son las que agrupan al 50 % de las especies, siendo éstas: Poaceae, Fagaceae, Cactaceae, Compositae, Agavaceae, Fabaceae y Asteraceae. De las 93 especies reconocidas en el área de estudio, sólo 2 se incluyen en la Norma Oficial NOM-059-ECOL-2001 con la categoría de peligro de extinción. Sin embargo, una (*Thelocactus heterochromus*) se identificó en zonas que no se afectarán por las actividades mineras, lo cual sí es el caso de la otra especie (*Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus*), misma que sin embargo no es común pues, de hecho, sólo se reconoció un individuo de la misma. Previo a los desmontes se transplantará cualquier individuo que se encuentre de esta especie, a sitios circundantes al proyecto.

Los pobladores del Mineral de Dolores (258 habitantes) y de Arroyo Amplio (12 habitantes) utilizan fundamentalmente la vegetación de la zona como combustible (leña) y para postería para cercos y la construcción de casas. Además, mantienen pequeños hatos de ganado bovino, equino y en menor medida caprino, por lo que se han inducido clareos. Así, un uso de la vegetación apropiada es el de servir de forraje. Además, en forma mínima desarrollan la agricultura manual para aprovechamiento local como frijol, maíz y algunos frutales, esto principalmente en los mismos terrenos del poblado de Dolores. No se detectó la comercialización de especies vegetales en la zona ni su utilización para fines medicinales.

En lo que a fauna respecta, el proyecto queda incluido en el área de distribución de 72 especies de las que sólo 22 fueron avistadas o evidenciadas durante los muestreos realizados. De las 72 especies, 18 tienen un valor intrínseco cinegético, 23 en diversos usos (incluido el cinegético) y 21 se encuentran con algún carácter de protección conforme a la norma NOM-059-SEMARNAT-2001. Las especies de valor estético cultural son todas aves. La fauna incluye grandes y pequeños mamíferos de 30 especies, aves 36 especies y reptiles 4 especies. A estos grupos pertenecen respectivamente 2, 15 y 4 especies enlistadas en la norma recién citada. La mayoría de las especies tienen una población baja a excepción de los gorriones, halconcillos y palomas o tórtolas. Las aves son más abundantes en el bosque de encino que en la asociación de matorral subinerme.

De las 21 especies de fauna con algún estatus de protección, sólo se evidenciaron en campo cuatro de ellas: el puma (*Felis concolor*), el halcón o aguililla peregrino (*Falco peregrinus*), el halcón o águila cola roja (*Buteo jamaicensis*) y el ave calandria palmera (*Icterus parisorum*).

El aprovechamiento de la fauna silvestre se da solamente por los propios habitantes para alimento mediante la cacería y el aprovechamiento de pieles, cornamentas o control de depredadores, así que su repercusión es local. No existen unidades de manejo ambiental (UMA's) ni cacería organizada y comercial. Por otro lado, para fines alimenticios propios ocasionalmente llegan a obtener pescado del río Tutuaca, pero esto queda fuera del sector de las obras mineras.

Las actividades mineras son, por necesidad, procesos modificadores del relieve terrestre tanto por degradación como por agradación. En el primer caso, se encuentra la generación del tajo para extraer el mineral que resultará en una depresión en la que eventualmente, al cese de actividades, se espera la formación de un lago en parte de la zona del tajo que no será rellenada. Igualmente, un proceso de degradación del relieve es el emparejado y nivelación de los sitios donde se ubicarán las áreas de soporte, de proceso y otras. Por su parte, la modificación del terreno por agradación se dará por el desarrollo de los montones para lixiviación y de los cuatro terreros que representan la "construcción" de geoformas de relieve positivo. Además, está la construcción del bordo de contención del arroyo El Chabacán, aguas arriba de las obras mineras.

De esta forma, las modificaciones al relieve constituyen el efecto más conspicuo y fácilmente evidente al sistema natural. Sin embargo, desde el punto de vista del paisaje, no representa un escenario contrastante con las condiciones actualmente existentes, esto por la naturaleza abrupta y quebrada de la región que pertenece a la Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte de la Sierra Madre Occidental, es decir, los cambios son compatibles con el entorno. Esta subprovincia es de extensión geográfica considerable por lo que se puede expresar que el proyecto minero no afectará conformaciones rocosas, topográficas y morfológicas que puedan considerarse como especiales, raras o únicas. Elementos similares o de mejor calidad se encuentran en áreas vecinas. De hecho, la calidad paisajística del sitio del proyecto es mas bien baja en comparación con las áreas más arboladas, con acantilados, paredones y de mayor número de especies de flora y fauna encontradas a lo largo del río Tutuaca y de las partes altas de las sierras circundantes.

Desde la perspectiva de la interrelación vegetación-paisaje no se considera un estado de alta fragilidad. Se desarrollarán medidas de mitigación y restauración que permitirán que en gran parte de las obras (el tajo es la excepción) se re-establezcan la estructura y la diversidad de la vegetación en el menor tiempo posible. Esto será ayudado por el régimen climático y por el tipo de flora que ocurre en el sitio. En consecuencia, solamente habrá un contraste cromático en el paisaje, en las nuevas formas del terreno sin vegetación (v.g. terreros) durante el período de operación de la mina pero la visibilidad del sitio es limitada a puntos altos desde el oriente, en virtud de verse restringida en otras direcciones por el propio terreno. Sin embargo, la región es muy remota y de difícil acceso lo que coadyuva a que la visibilidad de los cambios durante la operación no signifique un problema mayor.

Las modificaciones topográficas por las obras mineras significan también una alteración a la hidrología superficial de la microcuenca del arroyo El Chabacán, tanto en el curso de dicha línea de drenaje como de sus tributarios, lo que a su vez tendrá un reflejo en las condiciones subterráneas. Esto porque las obras mineras se desarrollarán en forma más o menos general por la parte media de dicha microcuenca. Este aspecto se puede considerar como un elemento crítico del sistema como lo es también la cercanía al río Tutuaca.

Las obras mineras en menor medida incidirán en la microcuenca del arroyo San Agustín ubicada al N del arroyo Chabacán y en forma burdamente paralela al mismo, corriendo de poniente a oriente para desembocar también en el río Tutuaca. En esta microcuenca se

desplantaré el terrero Norte, algunos caminos de acceso y la porción más Norte del tajo, pero de estos elementos es solamente el terrero el que tendrá influencia sobre la microcuenca en cuestión, pues una vez desarrollado el tajo, éste captará agua más que generar escurrimientos y modificará la divisoria Chabacán-San Agustín. Sin embargo, es importante hacer notar que la influencia en la microcuenca del arroyo San Agustín por el proyecto es mucho menor que en el caso del Chabacán debido a que: (1) el terrero Norte ocupa una superficie mucho menor que el resto de las obras, mismas que se ubican en el Chabacán, (2) dicha obra se ubica en la cabecera de un brazo que drena a el arroyo San Agustín ubicado en la parte alta de la microcuenca.

Dado que la vegetación, así como sus asociaciones, tienen una amplia distribución geográfica en la Subprovincia, el factor más crítico cuando se considera la misma viene siendo las especies que tiene algún estado de protección. En el mismo caso se encuentra la fauna de la que, como ya se dijo, se reconocieron 4 especies protegidas.

El proyecto minero Dolores se ubica en terrenos de ejido Huizopa en las inmediaciones de la comunidad Mineral de Dolores, cuya población asciende a 258 personas (INEGI, 2000). En virtud de que ese asentamiento se ubica en la zona del tajo a desarrollar, será necesario reubicar el poblado a otro sitio por lo cual se están evaluando las posibles alternativas. Otra localidad cercana es Arroyo Amplio, con 17 habitantes y se ubica a 2.8 km al SE por lo que queda fuera de las obras mineras. En Dolores existen 52 viviendas de las cuales 8 poseen piso de material diferente a la tierra, 3 tienen agua entubada, ninguna cuenta con drenaje y en 4 se utiliza gas para cocinar. Destaca el hecho de que ninguna vivienda está construida, en techos y paredes, con material de desecho o lámina de cartón. El promedio de ocupantes por vivienda es de 4.98.

El INEGI considera a zona región como marginada al catalogarla en la región económica C, con un salario mínimo de \$40.30 pesos. Se distingue por su baja densidad poblacional así como por lo remoto y difícil del acceso, pues su infraestructura de vías de comunicación y de servicios es pobre o nula. Se carece de servicios básicos como energía eléctrica, agua potable, disposición adecuada de los desechos y de aguas residuales. El proyecto minero contempla introducir este tipo de servicios lo que constituye un impacto positivo del mismo. Otro impacto positivo, será el movimiento de personas hacia la zona, lo que traerá un beneficio en cuanto a la derrama económica derivada de la contratación de personal y del incremento de bienes y servicios. En el Mineral de Dolores 50 personas constituyen la población económicamente activa y 113 la inactiva. La principal actividad productiva se relaciona con la agricultura de temporal, el comercio y la ganadería a baja escala.

B Síntesis del inventario

Para efecto de complementar la integración y evaluación del inventario presentado en el apartado anterior, se aplicó la técnica de la superposición por capas de la distinta temática cartográfica, lo que permitió establecer las unidades ambientales del sistema ambiental. Esto se realizó con el apoyo de Autocad MAP 2000 y ArcView 3.2.

Se determinó que en el sitio de las obras se presentan dos unidades ambientales, siendo el factor determinante para su establecimiento la hidrología y la geomorfología, al ser éstos los elementos más significativos en cuanto a la influencia de las actividades mineras sobre el sistema ambiental, por lo que el límite espacial entre las unidades lo constituye la divisoria que separa las microcuencas de los arroyos Chabacán y San Agustín. A continuación se describen estas unidades ambientales, presentándose en la tabla IV.42 una síntesis de las mismas y su distribución espacial en la figura IV.20.

Unidad Ambiental 1

Esta unidad ambiental corresponde a la porción de la microcuenca del arroyo Chabacán donde se desplantarán el tajo, el patio de lixiviación, el área de proceso, bordo de contención del Chabacán, los terreros Oeste, Sur y Este, al igual que obras de apoyo como caminos, oficinas y almacén de explosivos. Esta microcuenca forma parte de la Subcuenca r o del río Tutuaca y ésta a su vez de la Cuenca B río Yaqui perteneciente a la Región Hidrológica 9 Sonora Sur.

Fisiográficamente, la Unidad Ambiental 1 pertenece a la Provincia de la Sierra Madre Occidental, específicamente a su Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte, la cual está caracterizada por sierras altas que pueden llegar a elevaciones de hasta 2,600 m y cañadas complejas caracterizadas por paredes en forma de V, acantilados y riscos. Geomorfológicamente, la unidad comprende un terreno quebrado, con parte altas y bajas que pertenecen al valle complejo en forma de V del arroyo Chabacán, el cual drena al SE en general, aunque la pendiente es variable en cuanto a su dirección. En lo que respecta a magnitud, la pendiente también es variable pero predomina la que es menor a 50% al ocupar el 68.3% de la superficie de la unidad, siguiéndole la pendiente entre el 50 y 100% con el 32.2% del área y la pendiente mayor al 100% ocupando solamente el 1.43%.

La asociación vegetal predominante es el matorral subinermes-nopaleras que cubre 226.52 ha de la unidad mientras que el bosque de encino se encuentra solamente en 78.89 ha, para un total con vegetación natural de 305.41 (63.42%). Por otra parte, 176.14 ha de la unidad corresponden a terreno sin cobertura natural (36.58%). Adicionalmente, existen 72.08 has con cobertura natural entre las obras mineras que no serán afectadas por las operaciones.

La geología comprende rocas volcánicas y volcanoclásticas de composición intermedia (andesíticas) así como por diques, coladas, brechas y tobas latíticos. Además, ocurre un relativamente pequeño cuerpo intrusivo andesítico. Estas rocas han sido afectadas por diversos eventos de fallamiento predominando las estructuras de alto ángulo en direcciones NE-SW y NW-SE. Estos eventos han fracturado las rocas lo que es más intenso en las inmediaciones de las fallas.

Los tipos de suelo predominantes en la unidad son el Luvisol crómico, el Litosol y el Cambisol crómico, con clase textural media y fase física lítica. Sus coloraciones son variables pero son comunes el café, café ligero y café rojizo.

El clima es templado subhúmedo con régimen de lluvias en verano. El verano es muy cálido y por la oscilación anual de temperatura se considera como muy extremo. De acuerdo al sistema climático de Köppen, modificado por Enriqueta García, es del tipo C(w_o)(x')a(e').

Los componentes críticos identificados en esta unidad ambiental son:

- 1.- La alteración de las formas del terreno por las obras mineras, por la parte media de la microcuenca del arroyo El Chabacán.
- 2.- La modificación del arreglo del drenaje de la microcuenca del arroyo El Chabacán.
- 3.- La cercanía de las transformaciones anteriores, y en si de las operaciones, al río Tutuaca.
- 4.- La especie de cactus en peligro de extinción observada en el área de obras, aunque solamente fue un espécimen: *Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus*.
- 5.- Las 21 especies de fauna con algún estatus de protección y para las cuales el proyecto se encuentra dentro de su extensión territorial. De éstas se avistaron en campo las siguientes cuatro: el puma (*Felis concolor*), el halcón o aguililla peregrino (*Falco peregrinus*), el halcón o águila cola roja (*Buteo jamaicensis*) y el ave caliandra palmera (*Icterus parisorum*).

6.- La reubicación de los habitantes del poblado del Mineral de Dolores a otros sitios cercanos.

Unidad Ambiental 2

Esta unidad se ubica en el extremo occidental de la cuenca del arroyo San Agustín, el cual también forma parte de la Subcuenca r o del río Tutuaca que a su vez pertenece a la Cuenca B río Yaqui de la Región Hidrológica 9 Sonora Sur. En esta unidad se desplantará el terrero Norte y algunos caminos. Si bien el extremo más boreal del tajo alcanza a esta área, al desarrollarse éste se modificará la divisoria con el arroyo Chabacán por lo que se considera que todo el tajo cae en la microcuenca de esta última corriente.

Al igual que la unidad ambiental anterior, la unidad 2 pertenece a la Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte de la Sierra Madre Occidental. En cuanto a geomorfología se refiere, la unidad corresponde a la parte alta del valle en V de un arroyo de orden menor tributario del arroyo San Agustín, por lo que la cuenca de este último no sufrirá las transformaciones que se darán en la del arroyo Chabacán. Las pendientes predominantes son menores del 50% y ocupan el 74.1% de la superficie de la unidad. A su vez, las pendientes entre el 50 y el 100% ocupan el 25.9% del área y no se presentan pendientes mayores al 100%.

En esta unidad, la asociación de flora predominante es el bosque de encino que cubre 16.07 has, mientras que el matorral subinerm-nopaleras alcanza las 13.11 has y el terreno sin cobertura natural las 12.02 ha. De esta forma se tiene que el 70.82% de la superficie de la unidad ambiental 2 presenta cobertura natural.

Las rocas predominantes pertenecen a la secuencia volcánica inferior por lo que corresponden a paquetes de rocas volcánicas y volcanoclásticas andesíticas, las cuales son cortadas por diques de composición latítica emplazados comúnmente en estructuras NW-SE.

Edafológicamente, las características de la unidad ambiental 2 corresponden a una asociación de Luvisol crómico, Litosol y Cambisol crómico similar a la de la unidad ambiental 1, por lo que su fase física es lítica y la clase textural media. A su vez, el clima es igualmente similar por lo que se clasifica como C(w₀)(x')a(e') según las modificaciones de Enriqueta García al sistema de Köppen. Como ya se mencionó, este es un clima templado subhúmedo, de hecho el más seco de los subhúmedos, con verano cálido y lluvias en dicha estación.

Los componentes críticos de la unidad ambiental 2 son:

- 1.- La alteración de las formas del terreno en la parte alta del valle de un arroyo tributario de arroyo San Agustín que, a su vez, descarga al río Tutuaca.
- 2.- Las 21 especies de fauna con algún estatus de protección y para las cuales el proyecto se encuentra dentro de su extensión territorial. De éstas se avistaron en campo las siguientes cuatro: el puma (*Felis concolor*), el halcón o aguililla peregrino (*Falco peregrinus*), el halcón o águila cola roja (*Buteo jamaicensis*) y el ave caliandra palmera (*Icterus parisorum*).

Tabla IV.42 Cuadro descriptivo de las unidades ambientales presentes en el área de estudio

| Unidad Amb. | Hidrología | | | Fisio- grafía | Geomorfología | Vegetación | Geología | Suelos | Clima | Componentes críticos |
|-------------|---------------------------------|--------------------|------------------------------------|--|---|--|--|---|--|---|
| 1 | Región hidrológica 9 Sonora Sur | Cuenca B Río Yaqui | Microcuenca arroyo Chabacán | Provincia de la Sierra Madre Occidental Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte | Partes altas y bajas en el valle complejo en forma de V del Chabacán; Drena al SE, pendientes locales en múltiples direcciones; Pendientes: <50%= 68.3% (319.3 ha) del área; entre 50 y 100%= 31.65% (159.5 ha); y, >100%= 1.43% (6.7 ha) de la unidad | Matorral subinermepaleras (226.52 ha), terreno sin cobertura natural (176.14 ha) y bosque de encino (78.89 ha). Total con cobertura natural: 305.41 ha. (63.42%); Además, 69.62 ha de cobertura natural entre obras que no se afectará | Rocas volcánicas y volcanoclásticas intermedias; diques latíticos; coladas, tobas y brechas latíticas; intrusivo andesítico; fallas y fracturas NE-SW y NW-SE, principalmente de alto ángulo. Fracturamiento moderado a alto localmente. | Asociación de Luvisol crómico, Litosol y Cambisol crómico. Fase física lítica; clase textural media; comúnmente de color café, café ligero y café rojizo. | Clima templado subhúmedo, con lluvias en verano, verano cálido, muy extremo. Temperatura media anual: 15.3° C; precipitación media anual: 613 mm. Tipo: C(wo)(x')a(e') | - Especie en peligro de extinción: <i>Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus</i> (un solo individuo observado). - Alteración de las geoformas y del arreglo de drenaje de la microcuenca del arroyo Chabacán que desemboca al río Tutuaca. - Cercanía al río Tutuaca. - Reubicación del poblado Mineral de Dolores. - 21 especies de fauna con algún estatus de protección especial. |
| 2 | | | Microcuenca del Arroyo San Agustín | | Pequeño valle en V de tributario del arroyo San Agustín; drena en dirección al NNE y el valle complejo del San Agustín al ENE para desembocar en el R. Tutuaca; 74.1 % (33.17 ha) con pendiente menor a 50%, y 25.9% (11.59 ha) con pendiente entre 50 y 100% | Bosque de encino (16.07 ha), matorral subinermepaleras (13.11 ha) y terreno sin cobertura natural (12.02 ha); Total con cobertura natural: 29.18 ha (70.82%); además, 2.46 ha de cobertura natural entre obras que no se afectarán | Rocas volcánicas y volcanoclásticas intermedias, diques latíticos; estructuras NW-SE; fracturamiento moderado | | - Avistadas en campo 1 felino y 3 aves: <i>Felis concolor</i> , <i>Falco peregrinus</i> , <i>Buteo jamaicensis</i> e <i>Icterus parisorum</i> | |

Figura IV.20 Unidades ambientales en el área de estudio.

V. IDENTIFICACION, DESCRIPCIÓN Y EVALUACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

V.1 Metodología para identificar y evaluar los impactos ambientales

Existen una variedad de métodos para evaluar el impacto ambiental de un proyecto, todos ellos utilizan uno o más de las siguientes herramientas de identificación, predicción y evaluación de impactos:

- Listas de revisión
- Matrices
- Diagramas de flujo
- Sobreposición de cartografía temática
- Modelación

Entre los métodos pioneros y más usados a la fecha está la Matriz de Leopold, que es una matriz donde se identifican y relacionan las características del entorno ambiental (listado vertical) con las actividades del proyecto (listado horizontal). Este tipo de matriz permite identificar las interacciones en el entorno que se esperan como resultado de las acciones de las diferentes etapas de un proyecto.

En el presente estudio se aplicará una Matriz de Cribado, modificada de la matriz de Leopold, para realizar primeramente una identificación y evaluación cualitativa de los impactos ambientales que se producirán por la ejecución de las obras del proyecto minero Dolores.

La lista de acciones del proyecto se obtuvo con base en un análisis particular de las obras mineras. Para identificar las interacciones con el entorno ambiental se basó tanto en el conocimiento del proyecto, descrito en el Capítulo II de este documento, como en las descripciones del medio natural y socioeconómico, presentadas en el Capítulo IV, sustentado en observaciones y estudios de campo sobre flora, fauna, suelo y agua, así como la sobreposición de cartografía temática generada para el sitio de interés.

Una vez identificados los impactos ambientales, se aplica el método de indicadores característicos, adaptado de Lizárraga (1981), para valorar los impactos, según se describe más adelante en la sección V.3.2.

V.2 Identificación de impactos

Como resultado del análisis del entorno y del proyecto se obtuvo la matriz de cribado adjunta (tabla V.1 Matriz de Identificación de impactos ambientales) que se conformó por 61 actividades del proyecto, dentro de 5 etapas como son: preparación del sitio (21 actividades), explotación (11 actividades), beneficio (6 actividades), servicios de apoyo (14 actividades) y abandono (9 actividades). Mientras que los atributos ambientales que se consideraron fueron 45 en total, distribuidos de la siguiente manera: 33 al medio natural (20 componentes al medio abiótico y 13 al medio biótico) y 12 al medio socioeconómico.

Esta matriz presenta un total de 2,745 celdas con potencial interacción, aunque como se observa en la misma hubo un total de 1,744 celdas vacías donde no se relacionó una posible alteración al entorno por alguna actividad del proyecto.

Tabla V.1 Matriz de identificación de impactos ambientales

Con base en el análisis realizado sobre esta matriz de cribado, se encontró un total de 1,001 celdas donde se identificó interacciones directas entre los atributos del entorno y las actividades mineras.

Del total de las interacciones identificadas 6.09 % fueron para impactos adversos significativos, 27.97 % para impactos adversos poco significativos, 17.28 % para impactos benéficos significativos y 48.65 % para impactos benéficos poco significativos. Ver tabla V.2 en la que se presenta un resumen de la matriz de identificación de impactos.

De acuerdo a lo anterior, los impactos benéficos superaron a los impactos adversos, al menos en forma cualitativa, lo que se verificará en la evaluación de los impactos mas adelante.

Tabla V.2 Resumen de la matriz de identificación de impactos ambientales

| Factores ambientales | Clasificación del impacto | | | | TOTAL | % |
|-----------------------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | A | a | B | b | | |
| MEDIO ABIOTICO | | | | | | |
| Agua superficial | 9 | 25 | 14 | 17 | 65 | 6.49 |
| Agua subterránea | 5 | 19 | 5 | 23 | 52 | 5.19 |
| Suelo | 14 | 53 | 35 | 79 | 181 | 18.08 |
| Atmósfera | 6 | 35 | 5 | 28 | 74 | 7.39 |
| <i>Subtotal</i> | 34 | 132 | 59 | 147 | 372 | 37.16 |
| MEDIO BIOTICO | | | | | | |
| Flora | 4 | 27 | 13 | 55 | 99 | 9.89 |
| Fauna | 5 | 62 | 10 | 75 | 152 | 15.18 |
| <i>Subtotal</i> | 8 | 90 | 23 | 130 | 251 | 25.07 |
| MEDIO SOCIOECONOMICO | | | | | | |
| Socioeconomía | 3 | 22 | 81 | 159 | 265 | 26.47 |
| Cualidades estéticas | 15 | 37 | 10 | 51 | 113 | 11.29 |
| <i>Subtotal</i> | 18 | 59 | 91 | 210 | 378 | 37.76 |
| TOTAL | 61 | 280 | 173 | 487 | 1001 | 100.00 |
| Porcentaje | 6.09 | 27.97 | 17.28 | 48.65 | 100.00 | |

A= Impacto adverso significativo, a= Impacto adverso poco significativo

B= Impacto benéfico significativo, b= Impacto benéfico poco significativo

En cuanto a las etapas del proyecto se tiene que en la etapa de preparación del sitio y construcción es donde se presentó el 32.67% de los impactos, en la etapa de explotación el 15.78 % de los impactos, en la etapa de beneficio el 7.39 % de los impactos, en los servicios de apoyo el 21.28 % de los impactos y en la etapa de abandono se presentó el 22.88 % de los impactos. En la tabla V.3 se presenta el resumen de los impactos por etapas del proyecto

Tabla V.3 Resumen de identificación de impactos por etapas del proyecto

| Etapas del proyecto | Clasificación del impacto | | | | TOTAL | % |
|--------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | A | a | B | b | | |
| Preparación del sitio y construcción | 15 | 135 | 64 | 113 | 327 | 32.67 |
| Explotación | 28 | 75 | 16 | 39 | 158 | 15.78 |
| Beneficio | 12 | 41 | 11 | 10 | 74 | 7.39 |
| Servicios de apoyo | 3 | 22 | 37 | 151 | 213 | 21.28 |
| Abandono | 3 | 7 | 45 | 174 | 229 | 22.88 |
| TOTAL | 61 | 280 | 173 | 487 | 1001 | 100.00 |
| Porcentaje | 6.09 | 27.97 | 17.28 | 48.65 | 100.00 | |

A= Impacto adverso significativo a= Impacto adverso poco significativo

B= Impacto benéfico significativo b=Impacto benéfico poco significativo

V.3 Evaluación de los impactos

La metodología utilizada en la evaluación de los impactos es la de indicadores característicos, modificados y adaptados a las condiciones particulares del proyecto y según los criterios del equipo evaluador. Mediante este método se asignan valores numéricos a una serie de características comunes al impacto ambiental lo que permite cuantificar y equiparar los efectos adversos y benéficos al ambiente.

Los principales indicadores característicos de cualquier tipo de impacto y la escala de valores que se le asigna, de acuerdo a su magnitud e importancia, son:

| Indicadores característicos del impacto ambiental | Escala de valores asignados |
|---|--|
| Efectos a corto plazo | -5 a +5 |
| Efectos a largo plazo | -5 a +5 |
| Efectos directos | -5 a +5 |
| Efectos indirectos | -5 a +5 |
| Efectos acumulativos | -5 a +5 |
| Reversibilidad | Completamente reversible: 0 Parcialmente reversible: ±1 Irreversible: ±3,4 o 5 (según la importancia del impacto analizado) |
| Controlabilidad | Totalmente controlable: ±1 Parcialmente controlable: ±2 Incontrolable: ±3,4 o 5 (según la importancia del impacto). |
| Radio de acción | Puntual, dentro de la zona de estudio: ±1 Regional dentro de la zona en estudio: ±2 Dentro y fuera de la zona en estudio: ±3,4 o 5 (según la importancia del impacto). |
| Implicaciones económicas, socioculturales y políticas | Nulas: 0 Ligeras: ±1 Medias: ±2 Severas: ±3,4 o 5 |

Una vez analizados los impactos sobre los diferentes atributos del ambiente, en este caso resumidos por cada etapa del proyecto, se sumarán los valores de cada una de las características que describen el impacto. El valor de cada impacto se obtiene al multiplicar la sumatoria de las unidades de importancia de cada impacto por un factor de peso total asignado a dicho impacto, de acuerdo a la prioridad de los objetivos de planeación del proyecto. Se asigna un factor de peso, menor a la unidad, a cada objetivo. La suma de los factores de peso debe ser siempre igual a la unidad.

$$VI_i = \sum ICI * Fpi$$

donde:

VI_i = Valor del impacto i

$\sum ICI$ = Sumatoria de las unidades de importancia de los impactos i

Fpi = Factor de peso total del impacto i

Para el proyecto Dolores los objetivos prioritarios y sus factores de peso son:

| Objetivo | Factor de peso |
|--|----------------|
| Aprovechamiento del yacimiento mineral | 0.4 |
| Desarrollo económico y social de la región | 0.3 |
| Conservación del medio ambiente | 0.3 |

Como se ya se mencionó, para simplificar el procedimiento la evaluación de los impactos se realizará por etapas, por lo que los factores de peso para cada uno de los componentes que forman la estrategia u objetivo del proyecto, se asignan para cada una de las etapas de acuerdo a lo siguiente:

| Fase del proyecto | Aprovechamiento del yacimiento mineral | Desarrollo económico y social | Conservación del medio ambiente | Factor de peso total= Sumatoria del factor de peso (Fpi) |
|--------------------------------|--|-------------------------------|---------------------------------|--|
| Prep. del sitio y construcción | 0.3 | | 0.3 | 0.6 |
| Explotación | 0.4 | 0.3 | | 0.7 |
| Beneficio | 0.4 | 0.3 | | 0.7 |
| Servicios de apoyo | | 0.3 | 0.3 | 0.6 |
| Abandono | | 0.3 | 0.3 | 0.6 |

Con base en estos criterios y de acuerdo con la identificación de impactos establecida en la matriz de cribado (Tabla V.1), se desarrolla una matriz por cada etapa del proyecto para asignar valores numéricos de acuerdo a las características de los impactos que se esperan en los diferentes atributos del ambiente, considerando los efectos mas significativos que ejercerán las actividades de la etapa en cuestión. Ver tablas V.4, V.5, V.6, V.7 y V.8.

Para obtener una evaluación global de los impactos ambientales (VIGIA), se resume el valor de los impactos por cada etapa del proyecto, utilizando las tablas V.4 a la V.8, de donde se extraen los datos mostrados en la tabla V.9, que se muestra mas adelante.

Tabla V.4 Indicadores y valores de impactos ambientales en la etapa de preparación y construcción

Tabla V.5 Indicadores y valores de impactos ambientales en la etapa de explotación

Tabla V.6 Indicadores y valores de impactos ambientales en la etapa de beneficio

Tabla V.7 Indicadores y valores de impactos ambientales en la etapa de Servicios de apoyo

Tabla V.8 Indicadores y valores de impactos ambientales en la etapa de abandono

Tabla V.9 Valor de los impactos por etapas del proyecto minero Dolores

| IMPACTOS | Preparación del sitio y construcción | Explotación | Beneficio | Servicios de apoyo | Abandono |
|----------------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------|--------------------|--------------|
| A. Agua Superficial | | | | | |
| A1.- Patrón de drenaje | -15.6 | -10.5 | 1.4 | 1.4 | 4.8 |
| A2.- Variación de flujo | -12 | -8.4 | 1.4 | -7 | 6.6 |
| A3.- Calidad | -9.6 | -7 | -9.8 | -7.7 | 11.4 |
| A4.- Obras de almacenamiento | 8.4 | 14.7 | 1.4 | 4.9 | 1.2 |
| B. Agua Subterránea | | | | | |
| B1.- Variación de flujo | 0 | -8.4 | 1.4 | 1.4 | 5.4 |
| B2.- Nivel freático | -2.4 | -9.1 | 1.4 | -9.1 | 6.6 |
| B3.- Calidad | -2.4 | -5.6 | -9.1 | -7 | 7.8 |
| C. Suelo | | | | 0 | |
| C1.- Uso de suelo | 10.8 | -13.3 | 8.4 | 10.5 | 11.4 |
| C2.- Erosión | -6 | -7.7 | 1.4 | 1.4 | 8.4 |
| C3.- Calidad | -1.2 | -5.6 | -9.8 | -7 | |
| C3.- Estructura y profundidad | -9 | -10.5 | 1.4 | 2.8 | 1.2 |
| C4.- Estabilidad | -4.2 | -9.1 | 1.4 | 1.4 | 5.4 |
| C5.- Deposición (sedimentación) | -5.4 | -7.7 | -4.9 | 1.4 | 7.8 |
| C6.- Recursos minerales | 6 | 21.7 | 18.2 | 12.6 | -11.4 |
| D. Atmósfera | | | | | |
| D1.- Calidad del aire | -4.2 | -7.7 | -5.6 | -3.5 | 6 |
| D2.- Ruido | -1.2 | -5.6 | -3.5 | -4.2 | 4.8 |
| D3.- Vibraciones | -0.6 | -3.5 | 1.4 | 1.4 | 1.2 |
| D4.- Olores | 0 | 1.4 | -4.2 | -6.3 | 4.8 |
| D5.- Micro-clima | 1.2 | -4.2 | 1.4 | 1.4 | 6 |
| D6.- Patrones de viento | 0 | -5.6 | 1.4 | 1.4 | 1.2 |
| E. Flora | | | | | |
| E1.- Cubierta vegetal | -7.8 | -7.7 | 1.4 | 10.5 | |
| E2.- Hábitat especial | -1.8 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 4.8 |
| E3.- Cultivos | 0 | 1.4 | 1.4 | 9.1 | 7.2 |
| E4.- Barreras arbóreas | -4.8 | -4.9 | 1.4 | 9.8 | 11.4 |
| E5.- Especies protegidas | 0 | 1.4 | 1.4 | 5.6 | 6.6 |
| E6.- Especies de interés com. | -1.2 | -5.6 | 1.4 | 13.3 | 12.6 |
| F. Fauna | | | | | |
| F1.- Aves | -0.6 | -4.9 | -6.3 | 4.9 | 9 |
| F2.- Reptiles | -1.8 | -5.6 | -4.9 | 4.2 | 6 |
| F3.- Mamíferos | -4.2 | -8.4 | -6.3 | 4.2 | 6.6 |
| F4.- Peces | -2.4 | -7.7 | -7.7 | 1.4 | 5.4 |
| F5.- Especies protegidas | -1.2 | -6.3 | -4.9 | 1.4 | 6.6 |
| F6.- Corredor ecológico | 0 | -4.9 | 1.4 | 1.4 | 6.6 |
| F7.- Migración | -1.8 | -7.7 | -3.5 | 1.4 | 9.6 |
| G. Socio-economía | | | | | |
| G1.- Economía regional | 10.2 | 18.2 | 1.4 | 18.2 | -12 |
| G2.- Empleos | 12.6 | 18.9 | 6.3 | 18.2 | 6.6 |
| G3.- Servicios e infraestructura | 10.8 | 11.9 | 9.8 | 18.2 | 6.6 |
| G4.- Actividades productivas | 6 | 18.9 | 14.7 | 16.8 | 8.4 |
| G5.- Tenencia de la tierra | 9.6 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 7.8 |
| G6.- Calidad de vida | 9.6 | 5.6 | 7.7 | 14.7 | 9.6 |
| G7.- Salud y seguridad pública | 5.4 | 7 | 7.7 | 14.7 | 12 |
| G8.- Patrones culturales | -1.8 | 0 | 8.4 | 6.3 | 6.6 |
| H. Cualidades estéticas | | | | | |
| H1.- Relieve | -7.2 | -11.2 | -8.4 | 1.4 | 6.6 |
| H2.- Paisaje | -2.4 | -12.6 | -7.7 | 5.6 | 10.2 |
| H3.- Cuencas y campos visuales | -4.2 | -9.8 | -6.3 | 1.4 | 6 |
| H4.- Espacio urbano-suburbano | -4.2 | -7 | 5.6 | 7.7 | -7.8 |
| TOTAL | -30.6 | -109.9 | 11.9 | 183.4 | 243.6 |

Tabla V.10 Resumen del valor de los impactos por cada etapa del proyecto minero Dolores

| | Preparación del sitio y construcción | Explotación | Beneficio | Servicios de apoyo | Abandono |
|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------|-----------|--------------------|----------|
| Sumatoria de los valores de impacto | -30.6 | -109.9 | 11.9 | 183.4 | 243.6 |
| Sumatoria total (+) | 90.6 | 123.9 | 114.8 | 235.2 | 274.8 |
| Sumatoria total (-) | -121.2 | -233.8 | -102.9 | -51.8 | -31.2 |

Valor global del impacto

El valor global del impacto ambiental se obtiene mediante la sumatoria de todos los impactos identificados y seleccionados:

$$\mathbf{VIGIA} = \sum VI_i$$

De acuerdo con esto, los valores de impactos adversos y benéficos que se obtienen son:

$$VIGIA_{adv} = \sum IC_{adv} * F_{pi} = \sum VI(-) = -540.9$$

$$VIGIA_{ben} = \sum IC_{ben} * F_{pi} = \sum VI(+) = 839.3$$

El balance de los impactos adversos y benéficos resulta en el impacto global:

$$\mathbf{VIGIA} = \mathbf{298.4}$$

Este resultado, aunque todavía implica un buen grado de subjetividad, es un indicador de que los beneficios de desarrollar este proyecto se espera que superen los impactos adversos del mismo, sobre todo considerando que en el desarrollo de este proyecto minero se aplicarán todas las medidas de protección ambiental que se describen en esta manifestación de impacto ambiental, así como cualquier otra medida que las autoridades consideren pertinente.

V.4 Descripción de los impactos significativos

Los impactos más significativos al ambiente que se esperan por el desarrollo del proyecto minero Dolores se describen para cada uno de los atributos del entorno que se verán afectados, utilizando como base los datos de la tabla V.11, mostrada mas adelante, que señala los parámetros ambientales, y en su caso las normas o estándares aplicables, que permitirán cuantificar o evaluar en forma mas objetiva los efectos y eficiencia en la aplicación de las medidas de mitigación que se proponen en el capítulo VI de este documento.

Agua superficial.

Esta componente ambiental será una de las más afectadas tanto en sus patrones de drenaje como en su calidad. Las obras mineras ocuparán al menos un 41% de la microcuenca y cauce del arroyo Chabacán que drena hacia el río Tutuaca. La alteración se presentará tanto en el curso de la línea principal de drenaje como en los arroyos tributarios al arroyo Chabacán. Las obras mineras también incidirán, aunque en mucho menor grado, en la microcuenca del arroyo San Agustín que también desemboca en el río Tutuaca.

Las obras mineras que ocuparán la microcuenca del arroyo Chabacán serán el tajo minero, tres terreros de material estéril, el patio de lixiviación, áreas de proceso y servicios de apoyo, caminos y áreas para maniobras. Estas obras ocuparán una superficie total de 553.6 ha en esta microcuenca. Mientras que solo una obra, el terrero Norte, quedará en la cuenca del arroyo San Agustín, ocupando un área de 41.2 hectáreas.

El área de colección de escurrimientos de agua meteórica para el arroyo Chabacán es de 17.6 km² (1,760 ha), pero al construir las obras mineras se estima que 808.48 ha dejarán de escurrir a este arroyo considerando que:

1. se construirá un bordo en la parte alta de este cauce, para controlar los escurrimientos hacia la zona del tajo minero, con este bordo se interceptarán los escurrimientos de aproximadamente 417 ha dentro de la microcuenca del arroyo Chabacán.
2. Hacia el final de la vida de la mina, la zona del tajo minero y su área de captación dejarán de aportar los escurrimientos de aproximadamente 268 ha hacia el arroyo chabacán. En el largo plazo se verterá los excedentes del agua del tajo como se explica mas abajo.
3. Durante la vida de la mina, toda el área donde se construirá el patio de lixiviación, piletas y planta de proceso quedará contenida en un sistema impermeabilizado sin descargas al entorno. Esto restará aproximadamente 123 ha de escurrimiento hacia el cauce del arroyo Chabacán. Una vez concluida las operaciones mineras y habiendo restaurado el sitio, los escurrimientos de estas áreas se incorporarán de nuevo al entorno natural.
4. El resto de las obras mineras drenarán hacia diferentes canales de desviación y áreas de colección naturales que finalmente descargan en el cauce del arroyo Chabacán.

De acuerdo a las especificaciones de diseño, construcción y operación del proyecto Dolores, no se presentarán descargas industriales al entorno natural, solo en caso de un derrame o fuga accidental de soluciones de proceso, sustancias o combustibles, para lo cual se implementará un plan de respuesta inmediata para evitar efectos de consideración en el

entorno. Por la naturaleza de algunas de las obras como son los terreros (apilamientos de material estéril) que estarán expuestos a los procesos erosivos, se espera un incremento en las aportaciones de partículas finas hacia los cauces naturales. Por otro lado, se estima que el tajo minero almacenará agua del subsuelo y los escurrimientos de la zona circundante, una vez concluida la explotación, por lo que a largo plazo (aprox. 30 años después del fin de minado) se espera que el nivel del agua en el mismo sea suficiente para verter excedentes hacia el entorno, aguas abajo del tajo. Golder Associates Inc. realizó una evaluación, utilizando el modelo PHREEQC versión 2.8, para estimar la calidad del agua del tajo, basado en las pruebas de caracterización geoquímica realizadas en muestras de barrenos, de las diferentes secciones del tajo, y en datos disponibles de la calidad del agua subterránea y superficial. Con base en esto el peor escenario muestra un agua con pH de 4.7 y los niveles de metales sin exceder los límites de la norma de descarga NOM-001-SEMARNAT-1996, por lo que se nombra como un agua de "riesgo moderado". Mientras que el mejor escenario muestra un agua con pH de 7, con niveles de metales por debajo de la norma de descarga, llamándole agua de "muy bajo riesgo". Una traducción del reporte de Golder sobre la modelación referida se anexará al Estudio de Riesgo que se ingresará junto con esta Manifestación de Impacto Ambiental.

Las únicas descargas al entorno durante la etapa de operación de la mina serán las aguas de servicio que serán colectadas en fosas sépticas y finalmente descargadas a campos de infiltración. Se estima un volumen de 600 m³ por mes.

El cauce del arroyo Chabacan será el receptor de cualquier descarga que salga del límite de las obras mineras, a partir del cual tiene un recorrido aproximado de 1,500 m antes de descargar en el río Tutuaca.

El cauce del arroyo San Agustín recibirá cualquier escurrimiento de agua meteórica proveniente del terrero Norte.

Agua subterránea

La zona donde se desarrollarán las obras mineras esta subyacente por material consolidado con posibilidades bajas para servir como acuífero, aunque por la presencia de fallas y fracturamientos se encuentra agua subterránea que aflora en manantiales y a profundidades mayores a los 70 m desde la superficie. No se tuvieron datos de barrenos o pozos en la zona donde se construirá el patio y piletas, pero el barreno mas cercano al área del patio presentó agua a una profundidad de 54.9 m de la superficie del terreno natural (a 1,444 msnm), mientras que el barreno mas cercano al área de proceso presentó agua a una profundidad de 77.4 m de la superficie del terreno natural (1,335 msnm).

Los impactos potenciales al agua subterránea pueden ser tanto en el nivel freático como en su calidad. El nivel freático se verá afectado por el desagüe del tajo minero para mantener secas las áreas de extracción de material durante la explotación del mismo, también se espera una repercusión en el nivel del agua subterránea por la extracción de agua de la galería filtrante en el río Tutuaca. La impermeabilización del área de patio de lixiviación y la formación de los apilamientos de material estéril (terreros) disminuirán el área de recarga de agua subterránea en la zona del proyecto.

Las acciones del proyecto que podrían repercutir en la alteración de la calidad del agua subterránea son los potenciales derrames e infiltraciones al subsuelo de soluciones de proceso, sustancias químicas o hidrocarburos, aunque estos eventos son poco probables dada las medidas de protección y adecuado manejo de estas sustancias durante las operaciones. Por otro lado la conductividad hidráulica de la roca subyacente al terreno donde se construirá la planta de proceso resultó con un valor de 4.7×10^{-6} cm/seg, aunado al hecho de que las muestras de suelo tomadas en esta zona (Muestra Suelo 3 en

la tabla IV.10), resultó con una capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) de 45.6 meq/100 g a 25 cm de profundidad y de 56.6 meq/100 g a los 90 cm de profundidad, lo que indica una buena capacidad de amortiguamiento del subsuelo en caso de infiltraciones de soluciones contaminantes.

Suelo

Los impactos sobre esta componente ambiental se darán en su relieve, estructura y calidad. El desarrollo de las obras mineras implica procesos modificadores del relieve terrestre. Por el método de explotación del yacimiento, a cielo abierto, se producirá una excavación de 96.5 ha con una profundidad que varía de 200 a 535 m según la sección del tajo, mientras que la conformación de los terreros de material estéril y el patio de lixiviación modificará las geoformas naturales en aproximadamente 351.75 ha desglosado de acuerdo a lo siguiente:

| Obra | Superficie a afectar | Características de la obras |
|----------------------|----------------------|---|
| Patio de lixiviación | 98.97 ha | Apilamiento de 160 m de altura con pendiente general de 22° (2.5 H:1 V), con bancos de 10 a 15 m. |
| Terrero Norte | 41.2 | Apilamiento con pendiente general de 22°, con bancos y banquetas sobre el talud natural del terreno. En la parte superior de terreno será suavizada a una pendiente de 3H:1V para evitar erosión hídrica. |
| Terrero Oeste | 30.16 | Mismo anterior |
| Terrero Sur | 62-63 | Mismo anterior |
| Terrero Este | 118.79 | Mismo anterior |

El diseño del tajo, terreros y patio de lixiviación contemplará criterios apropiados para evitar condiciones de inestabilidad en las obras.

La estructura y profundidad del suelo también será afectada ya que por la abrupta topografía de la zona se requerirá cortes y rellenos en el terreno en las áreas donde se desplantará el patio de lixiviación y donde se instalará la planta de beneficio e instalaciones de servicio.

El desmonte paulatino de la zona producirá áreas expuestas a la erosión alterando a la vez la calidad del suelo, así mismo, la modificación en los patrones de drenaje producirá este mismo efecto.

La calidad del suelo será impactada en caso de potenciales derrames o fugas de soluciones de proceso, sustancias químicas o hidrocarburos, así como el inadecuado manejo de residuos.

Atmósfera

El principal efecto en este recurso serán las emisiones de polvos fugitivos en diferentes puntos de las operaciones como son: caminos de acarreo, planta trituradora y terreros. Se estima que al menos 257.95 ha, que ocuparán los terreros, quedarán expuestas a la erosión, en la fase final de operaciones, lo que producirá emisiones de polvo al entorno.

Una de las actividades que más repercuten en la contaminación del aire es el levantamiento de partículas por el tráfico de camiones de acarreo. Se estima (con base en factores de emisión AP-42 USEPA, 1998) que por el acarreo de material en los camiones de acarreo se emitirán a la atmósfera un promedio de 4 kg/camión/ km viajado.

Para el caso de la planta trituradora se espera una emisión aproximada de 0.00035 kg de partículas por cada tonelada de mineral procesado.

Otra fuente de contaminación a la atmósfera serán los equipos de combustión directa como el horno de fundición y los generadores, así como las emisiones de los vehículos automotores que utilicen gasolina, gas u otro combustible alterno. Se estima que las emisiones al aire por cada m³ de combustible a utilizar serán:

| Contaminante | Tipo de combustible | |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Diesel (kg/m ³) | Gas LP (kg/m ³) |
| Partículas | 0.24 | 0.01-0.05 |
| Dióxido de azufre | 17.5 | 0.01 |
| Monóxido de carbono | 0.6 | 1.05 |
| Óxidos de nitrógeno | 2.4 | 0.22 |
| Hidrocarburos | 0.006 | 0.03 |

Flora

Los desmontes y despalmes del terreno será la actividad que afecte directamente este recurso natural. El desarrollo de las obras mineras, al igual que los desmontes, será gradual de acuerdo a un programa de cinco etapas. Al finalizar la vida de la mina se estima una afectación directa de 334.6 hectáreas de terreno con vegetación natural, por la construcción de las obras mineras como son el tajo, caminos de acarreo, patio de lixiviación, piletas, planta de beneficio y terreros de material estéril, e instalaciones de servicio.

La densidad promedio de vegetación es variable de acuerdo a los tipos vegetativos (bosque de encino y matorral subinerme con nopaleras), así como entre las diferentes áreas destinadas a obras mineras. Sin embargo guardan un rango coherente entre sí, donde el bosque de encino varía de 47.5 hasta 88.5 individuos por hectárea, representado en 47.5 individuos/ha en terrero Este y relleno sanitario, 78.4 ind/ha en terrero Sur, 88.5 ind/ha

en terrero Norte, 77.9 ind/ha en terrero Oeste y 76.5 ind/ha en el tajo. En el caso de matorral subinerme con nopaleras, el rango varía de 33.8 hasta 59.6 individuos/ha, siendo en terrero Este y relleno sanitario 33.8 ind/ha, terrero Sur con 59.6 ind/ha, patio, planta y oficinas con 55.55 ind/ha, terrero Norte con 49.6 ind/ha, bordo de contención y área de inundación del represo Chabacan con 48.5 ind/ha y en tajo 58.5 ind/ha.

Solo una especie protegida fue identificada en el sitio del proyecto, observando en campo solo un espécimen, lo que indica su baja distribución en el sitio:

| Familia | Nombre científico | Nombre común | Estatus | No. Ind. Observados en campo |
|-----------|--|--------------|----------------------|------------------------------|
| Cactáceas | <i>Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus</i> | Biznaga | Peligro de extinción | 1 |

Otra especie protegida, (*Thelocactus heterochromus*) se observó en el área de Arroyo Amplio, fuera de las áreas a ocupar por el proyecto minero.

También se registraron en el sitio las siguientes cactáceas longevas que aunque no están protegidas son de interés regional y se promueve sean incluidas en el programa de protección de flora:

| Familia | Nombre científico | Nombre común | No. Ind. Observados en campo |
|-----------|-------------------------------------|--------------|------------------------------|
| Cactáceas | <i>Echinocactus sp</i> | Biznaga | 2 |
| Cactáceas | <i>Opuntia spp</i> | sibiri | 134 |
| Cactáceas | <i>Echinocereus triglochidiatus</i> | Biznaga | 2 |
| Cactáceas | <i>Ferocactus latispinus</i> | Cactácea | 2 |
| Cactáceas | <i>Opuntia phaeacantha</i> | Nopal | 4,134 |

Fauna

Las principales actividades del proyecto que afectarán a la fauna terrestre son el desmonte del terreno y el manejo de las soluciones cianuradas en el proceso de lixiviación, está última actividad con repercusión en el grupo de las aves principalmente.

En cuanto a la fauna acuática, se podría presentar impactos por la migración excesiva de partículas de las áreas expuestas a erosión y su depositación en los cauces naturales como son el arroyo Chabacán y el río Tutuaca. También se impactaría este grupo faunístico en caso de derrames accidentales de soluciones de proceso, sustancias químicas o hidrocarburos que pudieran alcanzar los cauces de agua, o en caso de presentarse drenaje ácido de los apilamientos de material estéril (terreros).

El proyecto está ubicado en el área de distribución de 72 especies de fauna, desglosado en 30 especies de mamíferos, 36 especies de aves y 4 reptiles, Del total de las especies 21 se reportan con algún estatus de protección, aunque en los reconocimientos de campo solo se observaron ejemplares de cuatro especies protegidas: el puma (*Felis concolor*), el halcón o aguililla peregrino (*Falco pergrinus*), el halcón o águila cola roja (*Buteo jamaicensis*) y el ave caliantra palmera (*Icterus parisorum*).

Socioeconomía

Esta componente ambiental se verá altamente favorecida con el desarrollo del proyecto minero Dolores. El principal efecto serán los 219 empleos en la etapa de construcción y 400 empleos en la etapa de operación. Así también se tendrá el beneficio de las siguientes obras de infraestructura que se desarrollarán como proyectos asociados al proyecto minero:

1. Rehabilitación y construcción de caminos de acceso
2. Re-localización del poblado Mineral de Dolores a un nuevo y más equipado centro poblacional donde se tendrán todos los servicios básicos como agua potable, luz eléctrica, drenaje, entre otros.
3. Introducción de línea de energía eléctrica de 115 kV
4. Instalación de sistema de suministro y distribución de agua
5. Construcción de campamento para empleados
6. Acondicionamiento de sitio para relleno sanitario
7. Sistema de comunicación telefónica (vía satélite y microondas).

Los acuerdos para ocupación temporal o compra de los terrenos superficiales mejorarán las condiciones económicas de los propietarios y elevará la productividad de estos terrenos. En general, la mayor parte de las actividades del proyecto minero producirán beneficios socioeconómicos y culturales reflejándose en un mejor nivel de vida. También se esperan efectos negativos en esta componente en lo que se refiere a la eliminación de la vegetación nativa en el sitio y el desplazamiento de la fauna silvestre ya que esto puede repercutir en sus actividades de caza y el aprovechamiento a escala doméstica de algunas especies de flora.

Cualidades estéticas

El proyecto resultará en efectos evidentes al paisaje aunque no representará un escenario muy contrastante por la naturaleza abrupta y quebrada de la topografía de la región. Tampoco se estará afectando una zona con características especiales ya que elementos similares o de mayor calidad se encuentran en áreas vecinas.

Los elementos mas afectados de esta componente serán el relieve y la eliminación de la cobertura vegetal, por lo que se cambiará las geoformas naturales y se presentará un contraste cromático del paisaje.

Otro importante elemento del paisaje que verá alterado son los cauces naturales de agua ya que las obras ocuparán parte de ellos y por los efectos de erosión se pueden aportar sólidos finos en los arroyos que captarán los escurrimientos pluviales de las obras mineras como los terreros de material estéril.

Tabla V.11 Parámetros e indicadores de impacto ambiental para el proyecto minero Dolores

| Indicador ambiental | Parámetros | Estándar, criterio o norma de referencia (Ver Capítulo III) |
|---------------------|--|--|
| Agua superficial | Número de arroyos o corrientes de agua que serán ocupados por las obras mineras | |
| | Obras de control y desviación de escurrimientos | |
| | Calidad inicial del agua del río Tutuaca y arroyos Chabacán y San Agustín | CE-CCA-001/89 Establece los criterios ecológicos de la calidad del agua, con los cuales se podrá clasificar los cuerpos de agua para los diferentes usos. |
| | Calidad y volumen de potenciales descargas de agua de las instalaciones mineras hacia los cauces naturales | NOM-001-SEMARNAT-1993 Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales |
| Agua subterránea | Calidad inicial del agua subterránea en la zona del proyecto | NOM-127-SSA1-1994 Establece los límites permisibles de calidad y tratamiento para agua potable. |
| | Niveles piezométricos del agua subterránea en la zona del proyecto | |

| | | |
|------------------|--|---|
| Suelo | Superficie total de suelo a afectar por las obras mineras | |
| | Superficie de suelo que se ocuparán por instalaciones de proceso y áreas donde se manejarán sustancias e hidrocarburos. | |
| | Volumen de suelo fértil a remover | |
| | Superficie de suelo expuesto a la erosión | |
| Atmósfera | Calidad inicial del aire ambiente en la zona | NOM-024-SSA1-1993 y NOM-025-SSA1-1993 Crterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a partículas suspendidas totales y partículas menores a 10 micras. |
| | Calidad de las emisiones del horno de fundición y generadores | NOM-043-SEMARNAT-1993 Establece niveles máximos permisibles de emisión de partículas sólidas en fuentes fijas NOM-085-SEMARNAT-1994 Establece los niveles máximos permisibles de emisión de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y requisitos para la operación de equipos de calentamiento indirecto por combustión, para fuentes fijas que utilicen combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos. |

| | | |
|----------------------|--|--|
| | Nivel de ruido ambiental | NOM-081-SEMARNAT-1994 Establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido de las fuentes fijas |
| Flora | Superficie a desmontar en áreas naturales | |
| | Especies protegidas que se afectarán por el desarrollo de las obras mineras | NOM-059-SEMARNAT-2001 Establece el listado de especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. |
| | Volumen rollo de madera a remover | |
| Fauna | Especies protegidas que se afectarán por el desarrollo de las obras mineras | NOM-059-SEMARNAT-2001 Establece el listado de especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. |
| Socioeconomía | Número de empleos directos | |
| | Obras de infraestructura y servicios generados | |
| | Variaciones en la población local | |
| | Número de empleos indirectos | |

VI. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

VI.1 Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental

Las medidas de mitigación más importantes, que se aplicarán durante el desarrollo del proyecto minero Dolores, se describen en las siguientes páginas.

Desde la fase de diseño del proyecto se contemplan criterios de ingeniería y normativos que incidirán en la protección al ambiente, garantizando el cumplimiento de todas las normas, estándares y requerimientos en materia ambiental vigentes en México, y en ausencia de ellos se aplicarán los criterios internacionales que aplican a este tipo de operaciones mineras. Las medidas de mitigación aquí descritas se sustentan principalmente en los criterios de diseño y operación que se consideraron en el estudio de factibilidad del proyecto minero Dolores.

Como medidas preventivas merece especial atención las obras de impermeabilización del patio de lixiviación, piletas y planta de proceso que durante su construcción serán sujetas a un programa de control de calidad para asegurar que se cumpla con las especificaciones requeridas para evitar problemas ambientales durante las operaciones. El estudio para el diseño del patio de lixiviación y piletas estuvo a cargo de la empresa Golder Associates Inc.

Otros estudios técnicos realizados para el estudio de factibilidad de este proyecto minero, en los cuales se basan algunas de las medidas de mitigación aquí propuestas son:

Pruebas de caracterización geoquímica del material estéril (tepetate). Se realizaron pruebas de contabilidad ácido-base (ABA), pruebas de celdas húmedas y pruebas de generación de ácido neta (NAG) cuyos resultados indicó que solo 17.9% de la roca presenta potencial de generar ácido, por lo que con base en estos resultados se dará un manejo especial al tipo de roca que resultó en esta categoría, asegurando que quede cubierta con material estéril inerte.

Se corrieron también pruebas de toxicidad según la prueba TCLP (equivalente a la prueba PECT) y pruebas para evaluar la potencial movilidad de contaminantes por efectos del agua de lluvia (MWMPT). Los resultados mostraron que el material se clasifica como residuo no-peligroso y que no hay riesgo de movilidad de metales u otros contaminantes que sobrepasen la norma de descarga (NOM-001-SEMARNAT-1996) por el efecto de las lluvias.

Pruebas de toxicidad en el mineral agotado del patio. Las columnas con muestras de mineral que se sometieron a pruebas metalúrgicas se utilizaron posteriormente para correr pruebas de destoxificación, mediante enjuagues con agua hasta que el efluente alcanzó valores de 0.2 ppm de cianuro WAD. Posterior al enjuague se aplicó la prueba de movilidad con agua meteórica. Los resultados mostraron que si es factible la destoxificación del patio con enjuagues de agua y que el efluente puede cumplir con la norma de descarga NOM-001-SEMARNAT-1996, aunque en dos de las 14 columnas evaluadas se presentó valores anómalos de arsénico, lo que amerita una verificación de estos datos para la elaboración del plan de abandono.

Por otro lado las pruebas de caracterización realizadas al material remanente en las columnas, una vez destoxificado, mostraron que este material clasificará como un residuo no-peligroso. Mientras que las pruebas ABA si mostraron potencial de generar ácido en la mayor parte de las muestras, aunque las pruebas de columna para esclarecer la incertidumbre de las pruebas ABA muestran hasta la semana 20 que el material no ha generado acidez, esto puede significar que al menos en el corto y mediano plazo no se presentará un problema de drenaje ácido en el material agotado de patios.

Los resultados anteriores son una base y nos indican que se puede lograr fácilmente la destoxificación del patio de lixiviación. No obstante se recomienda que previo a formular el plan de restauración de la mina, se hagan evaluaciones adicionales a este material.

Estudio sobre la estabilidad de taludes en el tajo. Los ángulos de talud y dimensiones de bancos y banquetas que se desarrollarán durante la explotación del tajo se basan en las recomendaciones que emanan de este estudio realizado por la empresa Golder Associates Inc.

Obras de control de avenidas del arroyo Chabacán. Las dimensiones y trayectorias de los canales de desviación y otras obras para control de avenidas, como alcantarillas, se basan en el estudio realizado por Golder Associates Inc.

Estudio sobre calidad del agua en el tajo. Para predecir el comportamiento del agua en el tajo minero, la empresa Golder Associates Inc. realizó una evaluación hidrológica y geoquímica del área del tajo. Los resultados de este estudio ayudarán a definir las medidas de mitigación en la etapa del abandono de la mina.

| Componente o indicador ambiental : Agua superficial | | | | |
|---|---|--|--|--|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Canales de desviación de escurrimientos de agua superficiales | Interrupción de drenaje natural por las obras mineras | Se construirán canales y obras adecuadas como cunetas, alcantarillas y bordos para el control de los escurrimientos pluviales | Preparación del sitio y construcción | Las obras se diseñarán con base en el evento máximo de lluvia en 24 horas-100años |
| Mezcla y recubrimiento del material estéril que resultó con potencial de generar ácido | Generación de drenaje ácido | La roca estéril que resultó con potencial de generar ácido (17.9% del total a producir) será mezclada y/o cubierta con material inerte para evitar que quede expuesta a los efectos de la erosión y potencial lixiviación por las lluvias. | Operación | NOM-001-SEMARNAT-1996 Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas o bienes nacionales. |
| Conformación adecuada de los terreros para evitar erosión severa por los escurrimientos de lluvia | Migración excesiva de partículas finas a los cauces naturales | Los terreros se conformarán sobre el talud natural del terreno formando bancos y banquetas que logren una pendiente general de 22°. La parte superior de los terrenos se suavizará hasta 18° para favorecer el drenaje controlado. | Operación | |

| Componente o indicador ambiental : Agua superficial | | | | |
|---|---|--|---|----------------------------|
| Medida de mitigación | Impacto que se mitiga | Descripción de la medida de mitigación | Etapas del proyecto en la que se aplica | Norma o criterio aplicable |
| Sistema de piletas en patio de lixiviación para captar la solución lixivianante y los escurrimientos en un evento extraordinario de lluvia en 24 horas-100 años | Potenciales descargas de contaminantes a los cauces naturales | Se construirán tres piletas impermeabilizadas. Una pileta para soluciones de proceso de 68,900 m ³ de capacidad y dos piletas para almacenamiento de agua: la pileta de la fase 1-2 (de 213,000 m ³) y la de la fase 3-4 (166,000 m ³). | Construcción | |
| Obras de doble contención para en caso de derrames en áreas de proceso y donde se manejen combustibles y sustancias | Potenciales descargas de contaminantes a los cauces naturales | Las áreas de proceso, así como los almacenes de combustibles, lubricantes y sustancias químicas estarán sobre piso de cemento con cárcamos para colección y rebombeo de cualquier derrame | | |
| Construcción de fosas sépticas | Descargas de agua residual a los cauces naturales | Se construirán al menos tres fosas sépticas para sedimentación y oxidación de las aguas de servicios sanitarios de las oficinas, taller y área de proceso. El efluente ya tratado de las fosas sépticas se infiltrará a través de tuberías perforadas en el subsuelo. | | NOM-001-EMARNAT-1996 |

| Componente o indicador ambiental : Agua superficial | | | | |
|--|--|--|---|--|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapa del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Construcción de relleno sanitario | Contaminación de los cauces de agua superficial por inadecuado manejo de residuos sólidos | Se asignará un sitio exclusivo, dentro de las instalaciones mineras, para la disposición de basura no tóxica, que cumplirá con las especificaciones que señala la norma aplicable | | NOM-083-SEMARNAT-2003 |
| Almacén de residuos peligrosos | Contaminación de los cauces de agua superficial por inadecuada disposición de residuos tóxicos | Se construirá un almacén que cumpla con las especificaciones que señala la normatividad, para la disposición temporal de los residuos o subproductos tóxicos como son: residuos de mercurio de la retorta, escoria de fundición, residuos del precipitador electrostático, Filtros del sistema WOTEC (equipo de filtrado del aceite usado), filtros del sistema de reciclado de anticongelantes, material impregnado de hidrocarburos, residuos de pinturas y solventes y otros. | Construcción/operación | Artículos 14 y 15 del Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos de la LGEEPA. |

| Componente o indicador ambiental : Agua superficial | | | | |
|--|--|---|--|--|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Reciclado de aceites usados | Potencial contaminación de los cauces de agua superficial por el manejo inadecuado del aceite usado. | Se instalará en el sitio un sistema de filtros de micrón (equipo WOTEC-Waste Oil to Energy Converter) al cual se alimentará el aceite usado que estará en condiciones de adicionarse (hasta en un 3%) al combustible diesel sin presentar ningún problema en los equipos que lo utilizan. | Operación | |
| Monitoreo periódico de la calidad del agua superficial | Alteración en la calidad del agua superficial | Se vigilará la calidad del agua superficial para detectar cualquier alteración a la calidad del agua atribuible a las operaciones mineras. Se han seleccionado puntos de monitoreo tanto aguas arriba como aguas abajo de las obras mineras. | Construcción/operación | CE-CCA-001/89 Datos de calidad del agua previos al inicio de las operaciones mineras. |

| Componente ambiental: Agua subterránea | | | | |
|---|--|--|--|--|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Impermeabilización del patio de lixiviación y piletas | Potenciales infiltraciones al subsuelo de soluciones contaminantes | <p>La base del patio de lixiviación se conformará por un sistema compactado e impermeable consistente de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 capa de arcilla o geomembrana sintética de arcilla • Membrana de polietileno de baja densidad (LLDPE) de 80 mil (milésimas de pulgada). • Capa de 0.6 m de alto de material permeable. <p>Las piletas se construirán sobre terreno compactado y nivelado con el siguiente sistema:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Membrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 60 mil • Geonet (sistema de recuperación de fugas) • Membrana de polietileno de alta densidad (HDPE) de 60 mil | Preparación del sitio y construcción | NOM-001-SEMARNAT-1996 NOM-127-SSA1-1994 |
| Impermeabilización de todas las áreas de proceso y áreas donde se manejen sustancias químicas e hidrocarburos | Potenciales infiltraciones al subsuelo de contaminantes | Se realizarán cortes y rellenos para nivelar el terreno, sobre el cual se colocará piso de concreto con un espesor promedio de 0.2 a 0.3 m. Todas las áreas encementadas contarán con cárcamos y bombas para contener posibles derrames | Preparación del sitio y construcción | NOM-001-SEMARNAT-1996 NOM-127-SSA1-1994 |

| Componente ambiental: Agua subterránea | | | | |
|--|---|---|--|--|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Planes de respuesta a derrames o fugas de sustancias tóxicas | Potenciales infiltraciones al subsuelo de contaminantes | Se formularán e implementarán planes de respuesta a emergencias como derrames accidentales de hidrocarburos, sustancias o soluciones de proceso | Operación | NOM-001-SEMARNAT-1996 |
| Monitoreo de la calidad del agua subterránea | Alteración en la calidad del agua subterránea | Se realizarán monitoreos periódicos para vigilar la calidad del agua en diferentes pozos de monitoreo en la zona del proyecto. | Preparación del sitio/operación/abandono | NOM-127-SSA1-1994 Datos de calidad del agua previo al inicio de las operaciones mineras |

| Componente ambiental: Suelo | | | | |
|---|---|--|---|-----------------------------------|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Rescate de suelo fértil | Pérdida de la capa de suelo orgánico | Hasta donde sea posible se recuperará la capa de suelo fértil en algunas zonas del terreno a afectar donde se presente al menos una capa de 30 cm de suelo orgánico y donde la pendiente permita operar la maquinaria en condiciones seguras. | Preparación del sitio y construcción | |
| Impermeabilización de todas las áreas de proceso y áreas donde se manejen y almacenen sustancias químicas e hidrocarburos | Vertido y fugas de contaminantes al suelo | Se realizarán cortes y rellenos para nivelar y compactar el terreno en todas estas áreas, sobre el cual se colocará piso de concreto con un espesor promedio de 0.3 m. Todas las áreas encementadas contarán con cárcamos y bombas para contener y bombear posibles derrames | Preparación del sitio y construcción | |
| Construcción de relleno sanitario | Contaminación del suelo por inadecuado manejo de residuos sólidos | Se asignará un sitio exclusivo, dentro de las instalaciones mineras, para la disposición de basura no tóxica, que cumplirá con las especificaciones que señala la norma aplicable | Preparación del sitio y construcción /operación/ abandono | NOM-083-SEMARNAT-2003 |

| Componente ambiental: Suelo | | | | |
|---|--|--|---|-----------------------------------|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Planes de respuesta a derrames o fugas de sustancias tóxicas | Potenciales infiltraciones al subsuelo de contaminantes | Se formularán e implementarán planes de respuesta a emergencias como derrames accidentales de hidrocarburos, sustancias o soluciones de proceso | Prepararon del sitio /Operación | |
| Mantenimiento y monitoreo periódico de obras de control de escurrimientos superficiales | Deposición excesiva de sedimentos en los cauces y partes bajas del terreno | Los canales y obras de control de avenidas se diseñarán y conservarán de tal forma que se eviten erosiones severas y migración excesiva de partículas finas hacia los cauces naturales | Preparación del sitio y construcción/operación / abandono | |
| Escarificación del terreno y colocación de suelo fértil | Erosión y desestabilización del suelo | Desde la etapa de operación se llevarán a cabo obras de suavización y escarificación del terreno en áreas como los terreros, caminos o zonas desprovistas de vegetación que no se ocuparán en el futuro. | Operación/abandono | |

| Componente ambiental: Suelo | | | | |
|---|------------------------------|---|--|--|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Destoxificación del patio de lixiviación y áreas de proceso | Contaminación del suelo | Al término de la lixiviación del mineral se continuará con el riego de los patios, sin adición de químicos, solo agua natural para compensar pérdidas por evaporación. La calidad de las soluciones que drenan de los patios se evaluará periódicamente hasta asegurarse que cumplan con la calidad requerida. También se harán pruebas de caracterización del material destoxificado para verificar que no clasifica como un residuo peligroso. | Abandono | NOM-001-SEMARNAT-1996 NOM-052-SEMARNAT-1993 |

| Componente ambiental: Suelo | | | | |
|---|---|---|--|---|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Riego de caminos | Contaminación por polvos | Desde la etapa de construcción se implementará un programa diario de riego de caminos y áreas de maniobra con mayor problemática | Construcción/operación | NOM- 024-SSA1-1993 NOM-025-SSA1-1993 |
| Sistema supresor de polvos en planta de trituración | Contaminación por polvos | En la trituradora primaria se instalará un colector de polvos y abanico extractor. En las trituradoras secundaria y terciaria también se instalará un sistema de colección, supresión y contención del polvo. En las áreas de cribado se tendrá un colector de polvo y abanico extractor. También se instalará un sistema de riego nebulizado será usado hasta donde sea posible en la planta de trituración | Operación | NOM-043-SEMARNAT-1993 |
| Precipitador electrostático en las emisiones del horno de fundición | Contaminación por humos, partículas y óxidos de nitrógeno | Las emisiones del horno de fundición serán debidamente canalizadas por un ducto en el cual se instalará el precipitador electrostático o precipitador húmedo para retener los contaminantes de los gases de fundición | Operación | NOM-085-SEMARNAT-1994 |

| Componente ambiental: Suelo | | | | |
|--|---|--|--|-----------------------------------|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Condensador y filtro de carbón en las emisiones del horno de retorta | Contaminación por vapores de mercurio | Se instalará un condensador, enfriado con agua, por donde se harán pasar las emisiones del horno de retorta, colectando el mercurio condensado en recipientes de acero. Antes de liberarse a la atmósfera los gases también pasarán por un filtro de carbón para retener impurezas. | Operación | |
| Control de pH y riego por goteo de las soluciones cianuradas | Potencial liberación de HCN (ácido cianhídrico) | Para disminuir las pérdidas por evaporación de las soluciones cianuradas se aplicará riego por goteo en la parte superior del patio, limitando los aspersores al riego de los taludes. El pH de las soluciones lixiviantes se mantendrá arriba de 10 para evitar liberación de ácido cianhídrico. | Operación | |
| Monitoreo de emisiones en generadores y horno de fundición | Emisiones de gases contaminantes | Se tendrá un programa de monitoreo periódico de las emisiones de estos equipos | Operación | NOM-085-SEMARNAT-1994 |
| Mantenimiento periódico de vehículos y equipo móvil | Emisiones de gases contaminantes | Se implementará un programa de mantenimiento periódico de estos equipos | Operación | |

| Componente ambiental: Flora | | | | |
|---|--|--|---|----------------------------|
| Medida de mitigación | Impacto que se mitiga | Descripción de la medida de mitigación | Etapas del proyecto en la que se aplica | Norma o criterio aplicable |
| Rescate y protección de especies protegidas y de interés regional | Eliminación de especies de flora protegida | Previo a los desmontes se revisará el área para rescatar los individuos de la única cactácea reportada como protegida dentro de la zona del proyecto (<i>Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus</i>) y hasta donde sea factible, rescatar especímenes de otras cactáceas de interés como son: <i>Echinocactus sp.</i> <i>Opuntia spp</i> <i>Echinocereus triglochidiatus</i> <i>Ferocactus latispinus</i> <i>Opuntia phaeacantha</i> | Preparación del sitio | NOM-059-SEMARNAT-2001 |
| Desmontes y despalmes graduales y selectivos | Pérdida de la masa forestal y erosión | Se realizarán los desmontes en forma ordenada y paulatina, según el plan de desarrollo de las obras mineras, para evitar la exposición innecesaria de terreno desmontado | Preparación del sitio | |
| Rescate de suelo fértil | Pérdida de la capa de suelo orgánico | Hasta donde sea posible se recuperará la capa de suelo fértil en algunas zonas del terreno a afectar donde se presente al menos una capa de 30 cm de suelo orgánico y donde la pendiente permita operar la maquinaria en condiciones seguras. | Preparación del sitio | |

| Componente ambiental: Flora | | | | |
|---|---|--|--|-----------------------------------|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Instalación de vivero | Pérdida de la cobertura vegetal | Se pretende instalar y operar un vivero para conservación de especies rescatadas, para almacenamiento y manejo de semillas de especies nativas y para resguardo temporal de plantas a usar en la restauración. La empresa planea comprar semillas pues la colección de semillas en el sitio puede ser difícil o insuficiente. Se probará en pequeñas parcelas para evaluar diferentes opciones para desarrollar la cubierta vegetal. | Preparación del sitio/operación/abandono | |
| Suavización de taludes en patio y terreros | Pendientes inadecuadas para restablecimiento de la vegetación | Se conformarán pendientes generales de 22° en los taludes de los terreros y patios lo que favorecerá el restablecimiento de la cobertura vegetal. | Operación/abandono | |
| Escarificación del terreno y colocación de suelo fértil | Erosión del terreno y pérdida de suelo orgánico | Desde la etapa de operación se llevarán a cabo obras de suavización y escarificación del terreno en áreas como los terreros, caminos o zonas desprovistas de vegetación que no se ocuparán en el futuro. | Operación/abandono | |
| Siembra y reforestación con especies nativas | Pérdida de la cobertura vegetal | A medida que se vayan liberando zonas en los terreros y otras áreas de la mina, se podrán iniciar campañas de reforestación y siembra con especies nativas | Operación/abandono | |

| Componente ambiental: Fauna | | | | |
|--|--------------------------------------|---|---|-----------------------------------|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Desmontes graduales y selectivos | Daños a la fauna terrestre | Se realizarán los desmontes en forma ordenada y paulatina, según el plan de desarrollo de las obras mineras, lo que ayudará al desplazamiento de la fauna hacia sitios menos perturbados | Preparación del sitio y construcción | |
| Rescate de especies protegidas | Daños a especies protegidas de fauna | En caso de encontrar nidos o madrigueras de especies de fauna protegida se evaluará la conveniencia de re-ubicarlos a sitios circundantes pero fuera de la zona a afectar por el proyecto. | Preparación del sitio y construcción | |
| Prohibición a empleados y contratistas de la recolección, captura y caza de especies de fauna silvestre. | Daños a mamíferos | Se elaborará un reglamento a empleados y contratistas donde se incluirán obligaciones en materia de protección del ambiente | Preparación del sitio y construcción/operación/abandono | |
| Dispositivos para ahuyentar aves de las áreas de patio de lixiviación y piletas de proceso | Daños a las aves | De presentarse problemas de afectación de aves, se instalarán dispositivos como cintas reflejantes, o aparatos con sonidos que ahuyenten las aves de las áreas donde se almacenan soluciones de proceso | Operación | |

| Componente ambiental: Socioeconomía | | | | |
|--|--|---|---|-----------------------------------|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Riego de caminos | Alteración de la calidad del aire | Desde la etapa de construcción se implementará un programa diario de riego de caminos y áreas de maniobra con mayor problemática | Preparación del sitio y construcción/operación | |
| Construcción de poblado nuevo | Re-localización del actual poblado Mineral de Dolores | Construcción de casas, equipamiento e introducción de servicios básicos en el nuevo poblado | Preparación del sitio y construcción | |
| Capacitación al personal | Falta de preparación y habilidades para trabajar en el giro industrial | Desde el inicio de actividades la empresa implementará un programa de capacitación a sus empleados en todas las áreas de las operaciones mineras | Preparación del sitio y construcción/operación/abandono | |
| Construcción de relleno sanitario | Exposición de la población a la contaminación por inadecuada disposición de residuos | Se asignará un sitio exclusivo, dentro de las instalaciones mineras, para la disposición de basura no tóxica, que cumplirá con las especificaciones que señala la norma aplicable | Preparación del sitio y construcción /operación/ abandono | NOM-083-SEMARNAT-2003 |

| Componente ambiental: Socioeconomía | | | | |
|--|---|---|---|-----------------------------------|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Planes de respuesta a emergencia | Exposición de la población a eventos de riesgo | Se establecerán planes de respuesta inmediata a cualquier emergencia o evento inherente a las operaciones mineras de tal forma que no se ponga en riesgo a la población | Preparación del sitio y construcción/operación/abandono | |
| Monitoreo ambiental | Alteración de la calidad del medio ambiente | Se realizará un monitoreo periódico de la calidad del agua superficial y subterránea, así como de las emisiones al aire ambiente. | Preparación del sitio y construcción/operación/abandono | |
| Instalación de vivero | Eliminación de plantas nativas que se aprovechan por la comunidad | Se pretende instalar y operar un vivero para conservación de especies rescatadas, para almacenamiento y manejo de semillas de especies nativas y para resguardo temporal de plantas a usar en la restauración. La empresa planea comprar semilla pues la colección de semillas en el sitio puede ser difícil o insuficiente. Se probarán pequeñas parcelas para evaluar diferentes opciones de desarrollo de la cubierta vegetal. | Preparación del sitio y construcción/operación/abandono | |
| Siembra y restauración | Eliminación de la cobertura vegetal | A medida que se vayan liberando zonas en los terreros y otras áreas de la mina, se podrán iniciar siembra con especies nativas | Operación/abandono | |

| Componente ambiental: Cualidades estéticas | | | | |
|---|--|---|--|-----------------------------------|
| <i>Medida de mitigación</i> | <i>Impacto que se mitiga</i> | <i>Descripción de la medida de mitigación</i> | <i>Etapas del proyecto en la que se aplica</i> | <i>Norma o criterio aplicable</i> |
| Obras de control de escurrimientos | Afectación los patrones de drenaje naturales | Se construirán canales y obras adecuadas como cunetas, alcantarillas y bordos para el control de los escurrimientos pluviales | Preparación del sitio y construcción | |
| Suavización de taludes | Alteración del relieve | Se conformarán pendientes generales de 22° en los taludes de los terreros y patios lo que favorecerá el restablecimiento de la cobertura vegetal. | Operación / abandono | |
| Limpieza y remoción de residuos | Contaminación del suelo | Una vez concluidas las operaciones mineras se limpiará y removerán todos los residuos y suelo contaminado | Operación/ abandono | |
| Desmantelamiento de las instalaciones de proceso | Contaminación visual | Una vez concluidas las operaciones de la planta de beneficio y las actividades de destoxificación de las instalaciones, se desmantelará y removerán del sitio todos los equipos y maquinarias de proceso. | Abandono | |

VII. PRONÓSTICOS AMBIENTALES Y EN SU CASO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

VII.1 Pronóstico del escenario

Con apoyo de la información sobre la naturaleza del proyecto, así como el escenario ambiental elaborado en apartados precedentes, en el presente apartado se realiza una proyección en la que se ilustra la relación causa-efecto de las obras mineras del proyecto Dolores, las cuales han sido valoradas sobre los impactos ambientales relevantes y críticos que ocasionan y las medidas de mitigación a implementarse.

Se presenta el análisis del escenario resultante al introducir el proyecto en el sitio y se identifican las acciones que pueden provocar impactos a cada uno de los componentes ambientales basado en la información de los capítulo II de descripción del proyecto, capítulos V de identificación de impactos ambientales y VI medidas de mitigación. Se trata de definir la relación que guardan las actividades del proyecto y los componentes del ambiente, en términos de relacionar este escenario con las medidas de mitigación propuestas descritas en los capítulos citados.

La actividad minera implica el uso de un recurso natural no renovable por lo que debe llevarse a cabo de manera ordenada, ser viable técnicamente, ambientalmente sustentable, segura y económicamente rentable. El sistema de producción del proyecto Dolores, es un sistema complejo, con vida útil definida que modifica el escenario ambiental en el cual se pretende llevar a cabo. El proyecto consiste en la explotación de un yacimiento de oro y plata por el método de tajo abierto, utilizando la tecnología de lixiviación cianurada en montones y el proceso de precipitación con zinc (Merrill Crowe) seguido de la etapa de fundición para la obtención de doré (mezcla de oro y plata). El diagrama causal del sistema se presenta en la figura VII.1 el cual se deriva de las figuras II.21 a la II.28 del presente documento.

Como se ha mencionado en la caracterización ambiental, el componente físico indica que se alterará la topografía, sustituirá localmente el paisaje, se eliminará el suelo fértil en la superficie a ser ocupada, mismo que será reintegrado en la fase de restauración, e instalará bordos de contención en algunas áreas de corrientes superficiales, por citar las más importantes; el ambiente biológico se modificará porque se eliminará la cobertura vegetal para dar paso a las obras mineras, resaltando que una buena parte del terreno ya se encuentra afectado por sobrepastoreo y otras actividades locales en los cuales predomina el nopal. La fauna nativa aún presente se desplazará hacia sus colindancias; en el aspecto socioeconómico destaca la re-localización del poblado mineral Dolores, para dar paso a la extracción del yacimiento, con lo que la actividad minera será el quehacer predominante en el sitio.

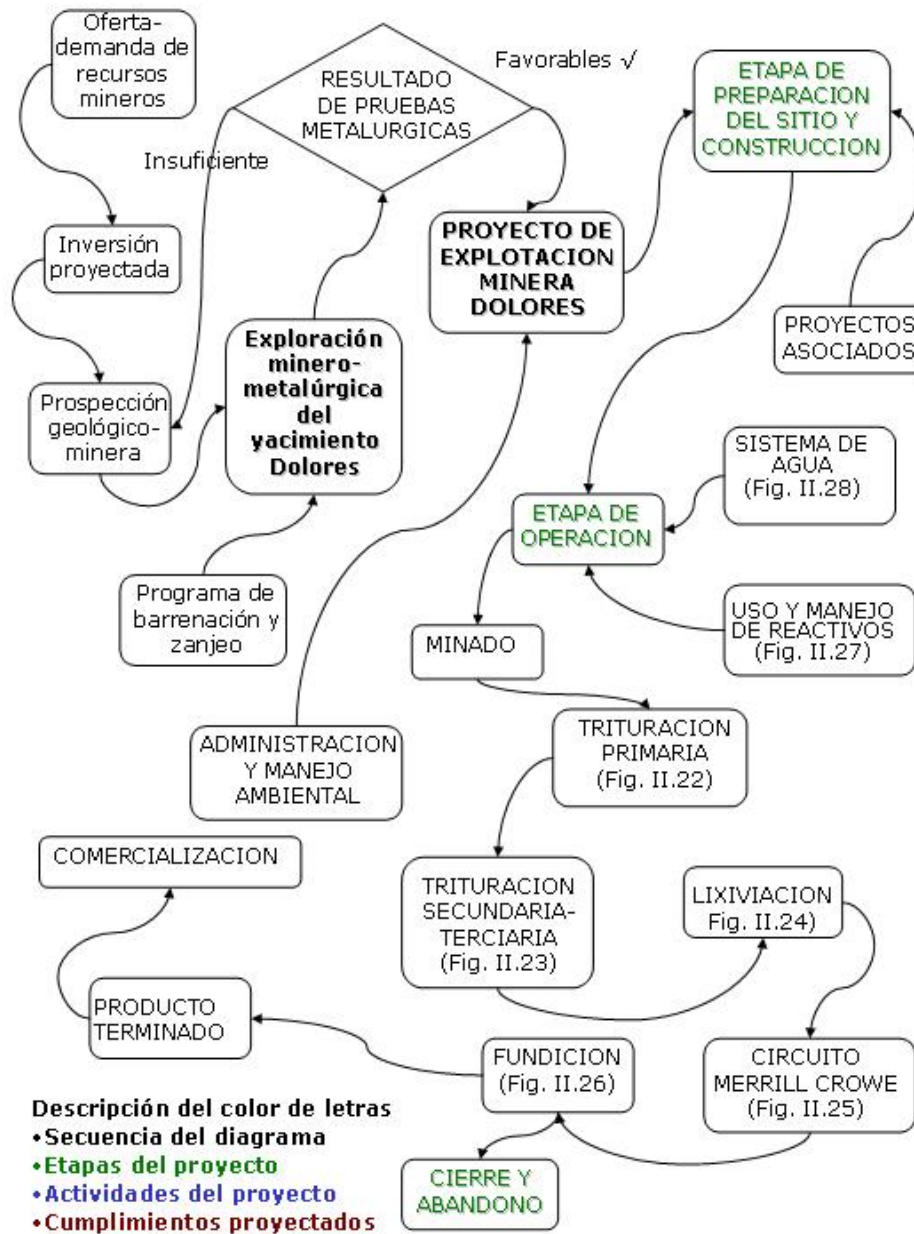


Figura VII.1. Descripción del sistema causal del proyecto minero Dolores.

Para la redacción del apartado, se apoyó en el Software Stella Ver 7.02 (The System Thinking Software) para generar diagramas causales en secuencia, de las actividades previstas en el Proyecto Minero Dolores.

Por lo anterior, tenemos que para la etapa de preparación del sitio y construcción (ver apartados II.2.2. y II.2.3.), los agentes causales más relevantes fueron involucrados en la matriz de identificación de impactos ambientales para su valoración. En esta etapa quedan el 32.67% de los impactos identificados del proyecto, siendo la etapa más relevante debido a que el mayor número de afectaciones ocurren en los ambientes físicos y biológicos, los cuales permanecerán para el resto de las etapas. El diagrama causal de esta etapa se muestra en la figura VII.2.

Dentro de la etapa operativa del proyecto Dolores, el inicio del proceso minero es el minado. Esto se desarrolla en el área de tajo, el cual se diseñó con base en evaluaciones geológicas y geotécnicas del sitio. Como actividades para el minado, se requerirá la construcción de caminos desde la etapa de preparación del sitio, así como trabajos de desmonte y despalme del terreno. Los desmontes se irán realizando gradualmente de acuerdo al programa de explotación del tajo, descrito en el capítulo II.

El material minado lleva material estéril y mineral. El material estéril, se depositará mediante el acarreo a los diferentes terreros dispuestos en el arreglo minero, donde parte del material estéril se utilizará para la construcción de caminos y el resto se irá depositando sobre el terreno natural sin realizar obras de preparación importantes, con excepción de algunos desmontes y despalmes del terreno sobre todo en zonas que lo requieran para mejorar la estabilidad del terreno.

El mineral se acarreará hacia el sitio de la planta de trituración donde inicia el proceso de beneficio. El mineral extraído del tajo será llevado en camiones al área de trituración donde se mantendrá un apilamiento para alimentar con un cargador frontal a la trituradora primaria o directamente por los camiones de acarreo. De allí se transfiere a la trituradora secundaria-terciaria donde el producto final será transportado por bandas al sistema de apilamiento del patio de lixiviación, que involucra la adición de reactivos y controles ambientales de mayor detalle debido a que durante las operaciones metalúrgicas se deben mantener las soluciones de proceso en un circuito cerrado, sin descargas al entorno natural. La figura VII.3 muestra el diagrama causal de estas etapas.

Posteriormente, en el proceso Merrill Crowe, la solución rica que proviene del patio de lixiviación se acondicionará y se le adicionará polvo de zinc lo que permite la precipitación de los metales de interés de acuerdo a la descripción a detalle del apartado II.2.5.5. del presente documento. El precipitado de zinc, que contiene los valores de oro y plata, se colocará en el horno de retorta para volatilizar contenidos traza de mercurio y posteriormente se someterá a fundición en un horno de gas donde se generará el producto final que serán barras de doré con un peso final de 150 kg que serán resguardadas en una bóveda de seguridad hasta que sean enviadas a refinación final en una refinaria externa. La figura VII.4 muestra el diagrama causal de estas etapas.

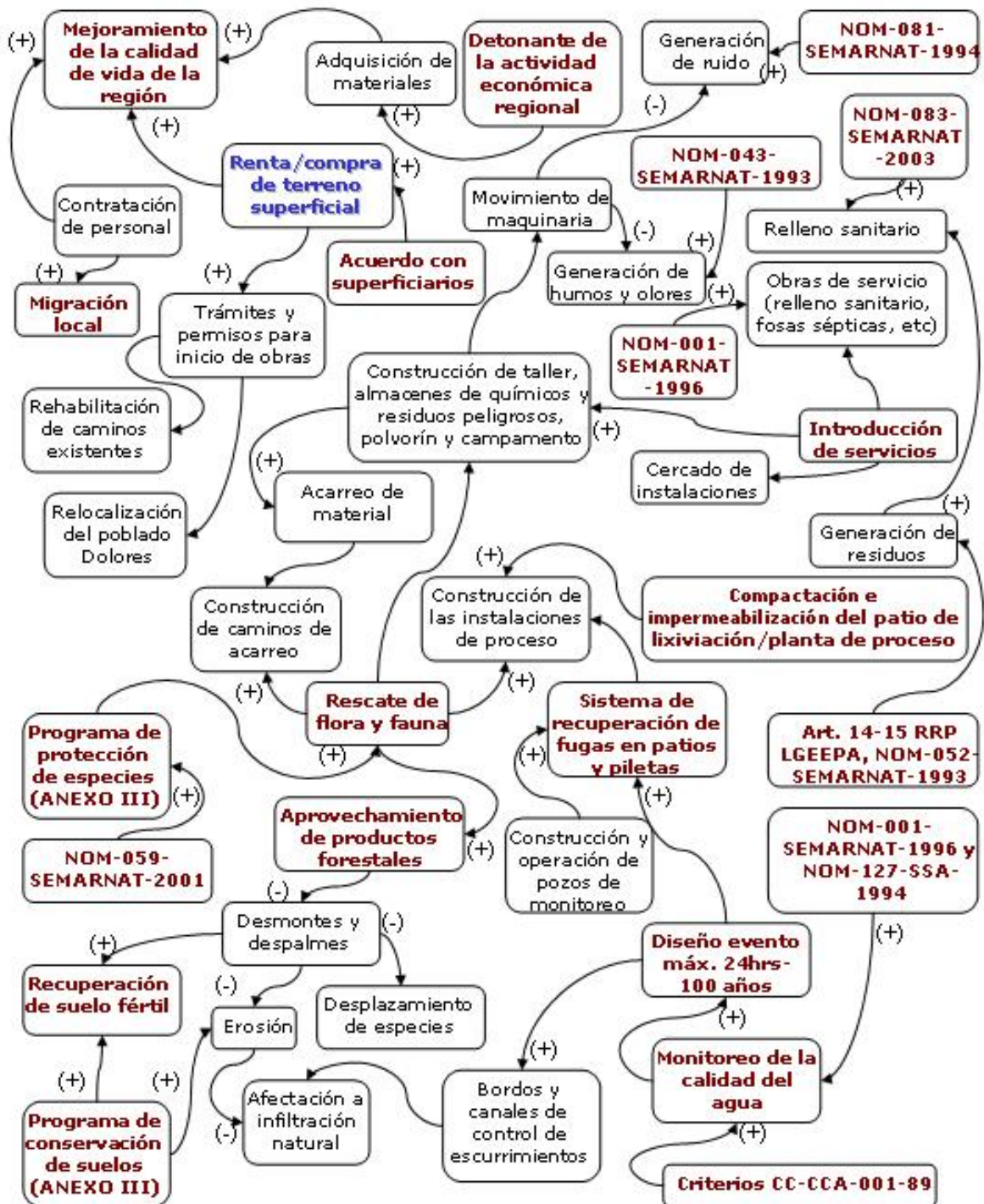


Figura VII.2. Diagrama causal de la etapa de preparación del sitio y construcción del proyecto minero Dolores.

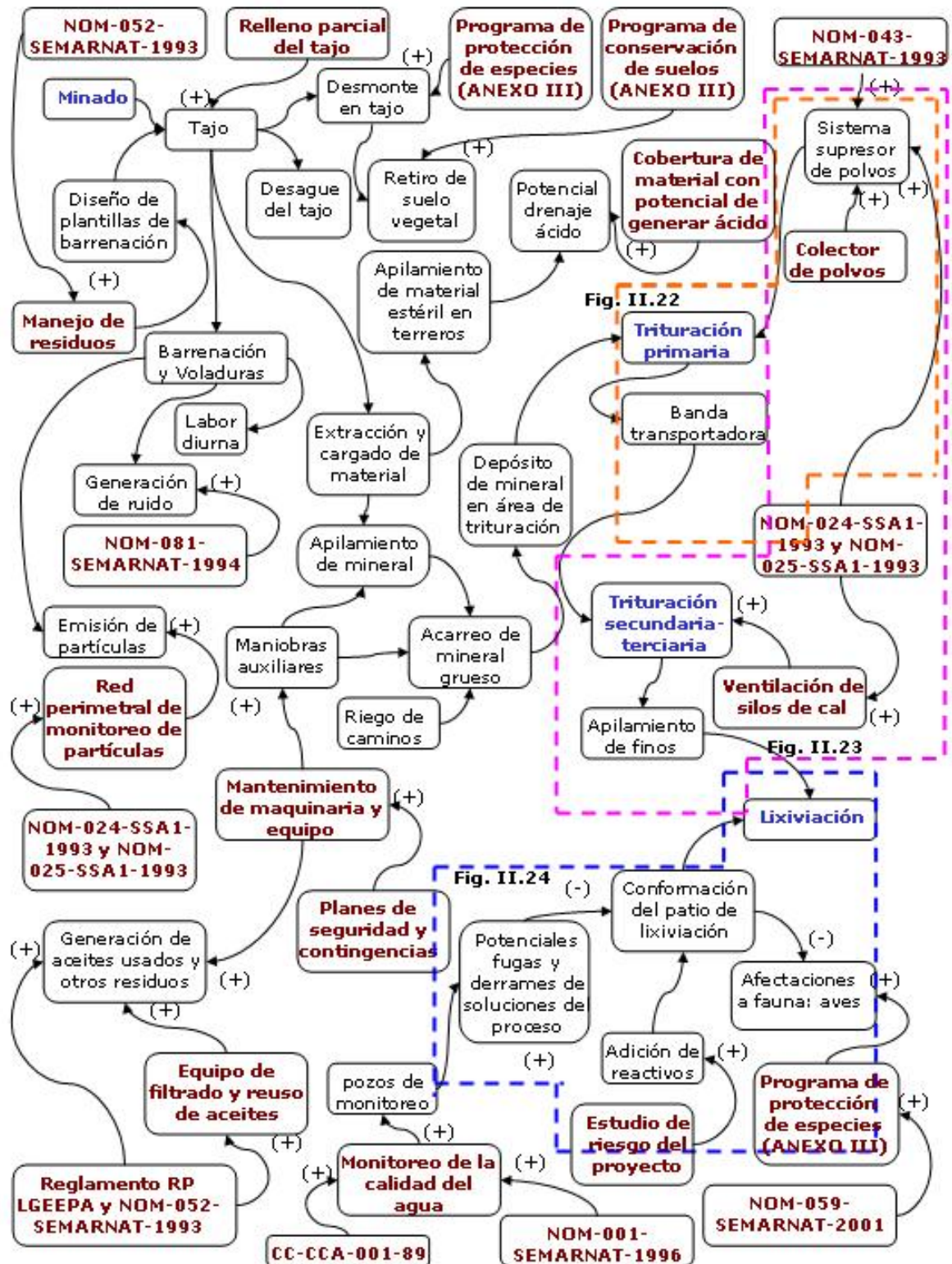


Figura VII.3. Diagrama causal de las actividades de minado, trituración y lixiviación del proyecto minero Dolores.

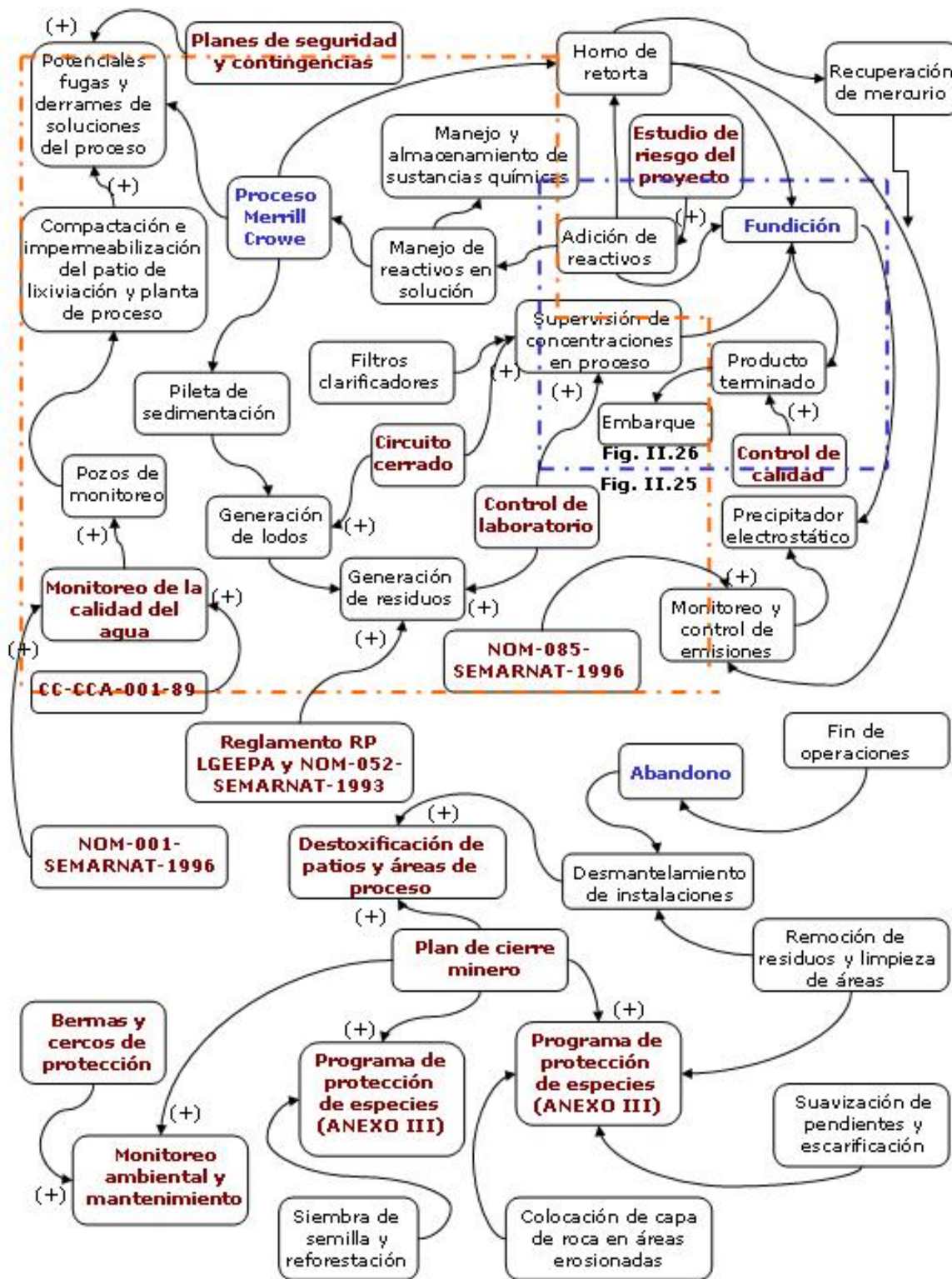


Figura VII.4. Diagrama causal de las actividades de beneficio y abandono del proyecto minero Dolores.

Finalmente, al término de la vida útil de la mina, se contempla el cierre de operaciones mineras. El plan de abandono de la mina se tiene que visualizar en términos de los usos potenciales que tendrán los terrenos al finalizar las operaciones mineras, además de garantizar que el sitio quede seguro y libre de contaminación presente y futura. Las obras mineras transformarán el terreno natural y en la mayor parte de las obras, con excepción del área del tajo, se lograrán geoformas más adecuadas para desarrollar actividades productivas como la cría de ganado, siembra de pastizales y otros cultivos de interés local. El proyecto minero Dolores contempló desde su diseño criterios adecuados que facilitarán la restauración del sitio al finalizar sus operaciones de acuerdo a lo señalado en el apartado II.2.6.

El estado antecedente descrito se verá sustituido por variables que permitan el desarrollo minero, buscando siempre el cumplimiento en materia ambiental y promoviendo el desarrollo de la región. En la tabla V.11 se presentan los indicadores involucrados para el seguimiento del cumplimiento ambiental. A continuación se describe el estado actual y los cambios previstos con el desarrollo minero.

Recurso: Suelo

Estado relevante actual

La estabilidad edafológica varía de intermedia a baja en virtud de que el suelo presenta un desarrollo de moderado a débil, donde el tamaño de las partículas y la correspondiente textura varía en general de media a gruesa, con fase física lítica, gravosa y pedregosa; y, que poseen una capacidad de drenaje interno de moderado a excesivamente drenado.

Por otra parte, si bien existe evidencia de erosión hídrica, ésta no es severa. Además el proyecto se ubica en una zona (subregión 9) con degradación del suelo tipificada como leve con una pérdida entre 2 y 3 ton/ha/año.

Pronóstico de cambio

El desarrollo minero altera las condiciones edafológicas en relieve, estructura y calidad. El desarrollo de las obras mineras implica procesos modificadores del relieve terrestre. Por el método de explotación del yacimiento, a cielo abierto, se producirá una excavación de 96.5 ha con una profundidad que varía de 200 a 535 m según la sección del tajo, mientras que la conformación de los terreros de material estéril y el patio de lixiviación modificará las geoformas naturales en aproximadamente 351.75 ha.

Además se prevé que la estructura y profundidad del suelo también será afectada ya que por la abrupta topografía de la zona se requerirá cortes y rellenos en el terreno en las áreas donde se desplantará el patio de lixiviación y donde se instalará la planta de beneficio e instalaciones de servicio.

Por otra parte, el desmonte paulatino de la zona producirá áreas expuestas a la erosión alterando a la vez la calidad del suelo, así mismo, la modificación en los patrones de drenaje producirá este mismo efecto. El programa de conservación del suelo podrá revertir estos efectos nocivos proyectados.

El eficiente manejo y control de sustancias, así como el desarrollo de programas de monitoreo ambiental, desarrollo de planes y acciones de seguridad de la mano con la capacitación ambiental y de seguridad, minimizarán las probabilidades de potenciales derrames o fugas de soluciones de proceso, sustancias químicas o hidrocarburos, así como el inadecuado manejo de residuos que impacte al recurso suelo.

Recurso: Aire-ambiente

Estado Actual

No existen datos disponibles sobre la calidad del aire pero se considera que en general es buena. No obstante, se ha observado en época de verano el deterioro de la calidad del aire por polvos acarreados por vientos del oeste, posiblemente generados por áreas desprovistas de vegetación.

Pronóstico de cambio

Se prevé que el desarrollo minero, en especial la etapa de preparación del sitio y construcción crearán un efecto nocivo en la calidad del aire, aunque esto será mitigado con diferentes medidas como serán los colectores de polvo y riego de áreas donde se emitan polvos. El principal efecto en este recurso serán las emisiones de polvos fugitivos en diferentes puntos de las operaciones como son: caminos de acarreo, planta trituradora y terreros. Se estima que al menos 257.95 ha, que ocuparán los terreros, quedarán expuestas a la erosión, en la fase final de operaciones, lo que producirá emisiones de polvo al entorno.

Recurso: Hidrología superficial y subterránea

Estado Actual

El principal recurso hidrológico ubicado en la vecindad del área de estudio lo constituye el río Tutuaca, corriente permanente que serpentea en general del SSE al NNW. En la región, el aprovechamiento de este río es a muy baja escala, principalmente para abrevar ganado y riego. Así, el cuerpo de agua mas cercano al sitio del proyecto es el río Tutuaca al cual descargan los arroyos Chabacán, que atraviesa la zona del proyecto minero; así como los arroyos Amplio y San Agustín que pasan cercanos al área del proyecto. El río Tutuaca corre en sentido general de SSE, fluye todo el año y se localiza a aproximadamente 3.6 Km, en línea recta, al SE del actual poblado Mineral de Dolores.

Los usos principales de esta corriente son para abrevadero de ganado, riego a baja escala y pesca doméstica, ya que esta corriente abriga algunas especies como bagre, matalote, sardina, mojarrita y carpas. Localmente, existe un pequeño embalse o represo que intercepta las aguas del arroyo Amplio, el cual se localiza a 2.5 km al WSW del Mineral de Dolores. Esta obra fue construida a principios del siglo Veinte cuando se operaba una mina subterránea de gran importancia en la región. Actualmente su uso principal es con fines de abrevadero de ganado.

La zona donde se desarrollarán las obras mineras esta subyacida por material consolidado con posibilidades bajas para servir como acuífero, aunque por la presencia de fallas y fracturamientos se encuentra agua subterránea que aflora en manantiales y a profundidades mayores a los 70 m desde la superficie. No se tuvieron datos de barrenos o pozos en la zona donde se construirá el patio y piletas, pero el barreno mas cercano al área del patio presentó agua a una profundidad de 54.9 m de la superficie del terreno natural (a 1,444 msnm), mientras que el barreno mas cercano al área de proceso presentó agua a una profundidad de 77.4 m de la superficie del terreno natural (1,335 msnm).

Según los indicadores establecidos en los criterios CE-CCA-001/89, las muestras de agua superficial reflejaron condiciones adecuadas de calidad para el uso pecuario. En agua subterránea, de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994, se tiene que 24 de las 26 muestras (93%) rebasaron en 2 o más parámetros los valores límites establecidos en la misma y sólo 2 muestras se mantuvieron dentro de norma en todos ellos. Esto conduce a considerar que la calidad del agua subterránea en general no es adecuada para el consumo humano, lo cual no es de extrañar en una zona de alta mineralización y alteración de las rocas del subsuelo.

Pronóstico de cambio

Se considera que los recursos hídricos y patrón de drenaje local será de los más afectados tanto en sus patrones de drenaje como en su calidad. Las obras mineras ocuparán al menos un 41% de la microcuenca y cauce del arroyo Chabacán que drena hacia el río Tutuaca. La alteración se presentará tanto en el curso de la línea principal de drenaje como en los arroyos tributarios al arroyo Chabacán. Las obras mineras también incidirán, aunque en mucho menor grado, en la microcuenca del arroyo San Agustín que también desemboca en el río Tutuaca.

Las únicas descargas al entorno durante la etapa de operación de la mina serán las aguas de servicio que serán colectadas en fosas sépticas y finalmente descargadas a campos de infiltración. Se estima un volumen de 600 m³ por mes. Así mismo, el cauce del arroyo Chabacan será el receptor de cualquier descarga que salga del límite de las obras mineras, a partir del cual tiene un recorrido aproximado de 1,500 m antes de descargar en el río Tutuaca. Por su parte, el cauce del arroyo San Agustín recibirá cualquier escurrimiento de agua meteórica proveniente del terrero Norte.

Los impactos potenciales al agua subterránea pueden ser tanto en el nivel freático como en su calidad. El nivel freático se verá afectado por el desagüe del tajo minero para mantener secas las áreas de extracción de material durante la explotación del mismo, también se espera una repercusión en el nivel del agua subterránea por la extracción de agua de la galería filtrante en el río Tutuaca. La impermeabilización del área de patio de lixiviación y la formación de los apilamientos de material estéril (terreros) disminuirán el área de recarga de agua subterránea en la zona del proyecto.

Recurso: Tipos de vegetación y Flora

Estado Actual

En el área de estudio existen un total de 93 especies florísticas perennes. Dichas especies se agrupan dentro de 40 Familias taxonómicas, destacando que en 7 Familias contienen al 50% de las especies presentes. El área de estudio está marcadamente diferenciada en bosque de encino y matorral subinerme-nopalera, en la totalidad de la cobertura natural destinada al proyecto minero Dolores. Ambas comunidades presentan áreas muy abiertas, evidenciada por los altos valores de importancia de pastos, mayormente en el tipo de bosque de encino. En lo que respecta al matorral subinerme-nopalera es totalmente dominante las especies de vinorama (*Acacia farnesiana*), nopal (*Opuntia phaeacantha*) y romerillo (*Vigiera linearis*).

Solo una especie protegida fue identificada en el sitio del proyecto, observando en campo solo un espécimen, lo que indica su baja distribución *Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus* Biznaga Peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001.

Pronóstico de cambio

Los desmontes y despalmes del terreno será la actividad que afecte directamente este recurso natural. El desarrollo de las obras mineras, al igual que los desmontes, será gradual de acuerdo a un programa de cinco etapas. Al finalizar la vida de la mina se estima una afectación directa de 334.6 hectáreas de terreno con vegetación natural, por la construcción de las obras mineras como son el tajo, caminos de acarreo, patio de lixiviación, piletas, planta de beneficio y terreros de material estéril, e instalaciones de servicio.

Sin embargo, el programa de protección de especies aunado a las labores de los programas de monitoreo ambiental, prevén que antes de cualquier desmonte, se revisará el área para rescatar los individuos de la única cactácea reportada como protegida dentro de la zona del proyecto (*Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus*) y hasta donde sea factible, rescatar especímenes de otras cactáceas de interés

También se realizarán los desmontes en forma ordenada y paulatina, según el plan de desarrollo de las obras mineras, para evitar la exposición innecesaria de terreno desmontado.

Por otra parte, los programas de reforestación y compensación ambiental por el cambio de uso del suelo, pretenden compensar las afectaciones sobre este recurso.

Recurso: Fauna

Estado Actual

El proyecto está ubicado en el área de distribución de 72 especies de fauna, desglosado en 30 especies de mamíferos, 36 especies de aves y 4 reptiles, Del total de las especies 21 se reportan con algún estatus de protección, aunque en los reconocimientos de campo solo se observaron ejemplares de cuatro especies protegidas: el puma (*Felis concolor*), el halcón o aguililla peregrino (*Falco peregrinus*), el halcón o águila cola roja (*Buteo jamaicensis*) y el ave caliandra palmera (*Icterus parisorum*).

Pronóstico de cambio

Las principales actividades del proyecto que afectarán a la fauna terrestre son el desmonte del terreno y el manejo de las soluciones cianuradas en el proceso de lixiviación, esta última actividad con repercusión en el grupo de las aves principalmente.

En cuanto a la fauna acuática, se podría presentar impactos por la migración excesiva de partículas de las áreas expuestas a erosión y su depositación en los cauces naturales como son el arroyo Chabacán y el río Tutuaca. También se impactaría este grupo faunístico en caso de derrames accidentales de soluciones de proceso, sustancias químicas o hidrocarburos que pudieran alcanzar los cauces de agua, o en caso de presentarse drenaje ácido de los apilamientos de material estéril (terreros).

El programa de protección de especies de los recursos faunísticos involucra el rescate y relocalización de especies de interés, así como un programa de desmonte gradual, bajo supervisión de un técnico ambiental que permita el desplazamiento de especies sin dañarlas.

Recurso: Uso actual del suelo y desarrollo socioeconómico

Estado Actual

Localmente, el proyecto minero Dolores presenta el tipo de vegetación de bosque de encino, matorral subinerme y nopaleras, escaso encino pino y pastizal inducido, así como el poblado Dolores y múltiples caminos y brechas de acceso producto del interés minero de la región llevado a cabo por exploraciones de desarrolladores previos en el lugar. Se trata de terrenos que permanentemente han sido impactados por los asentamientos humanos, usos agrícolas y/o pecuarios. Las condiciones del terreno no favorecen el desarrollo de actividades productivas tradicionales del sector primario, por lo que el desarrollo del proyecto minero es una buena alternativa de desarrollo desde el punto de vista socio-económico. Dentro de la superficie a afectar se encuentra ubicado el poblado Dolores, justamente sobre el yacimiento minero, por lo que implica la re-ubicación del mismo para dar cabida al desarrollo minero.

La zona del Mineral de Dolores presenta condiciones muy precarias en cuanto a servicios básicos por ser una zona tan remota y de difícil acceso. Se carece en el sitio de servicio de energía eléctrica, agua potable, drenaje y sitios adecuados para disposición de basura. Actualmente se cuenta con el servicio de telefonía satelital en el campamento de exploración de la Compañía Minera Dolores. El acceso al sitio es por un camino de terracería que parte de la ciudad de Madera y tiene un trayecto aproximado de 90 Km. Este camino requiere de mantenimiento periódico sobre todo en época de lluvias y/o nevadas.

Pronóstico de cambio

Este componente ambiental se verá altamente favorecida con el desarrollo del proyecto minero Dolores. El principal efecto serán los 219 empleos en la etapa de construcción y 400 empleos en la etapa de operación. Así también se tendrá el beneficio de obras de infraestructura que se desarrollarán como proyectos asociados al proyecto minero.

Se planea la construcción de un nuevo camino de acceso, de 92 km de largo, que partirá de la carretera Yécora-Chihuahua a la altura del poblado de Yepachic. También se introducirá el servicio de energía eléctrica para lo cual se planea instalar un sistema de 5 generadores diésel, con capacidad de 5 Mwatt y posteriormente se planea construir una línea de subtransmisión de 115 Kv, de aproximadamente 110 km, que partirá de la subestación San Nicolás del Bravo ubicada al Noreste de Madera. Como una alternativa la empresa podría construir una línea de transmisión eléctrica partiendo de la subestación de CFE en Basaseachic, que seguiría la ruta del camino nuevo que se construirá de Yepachic. Ver figura II.6.

En cuanto a comunicaciones, la empresa proyecta instalar un sistema para servicio satelital que permitirá hacer llamadas a cualquier parte del mundo.

La fuente principal de agua para el proyecto minero será el río Tutuaca, donde se construirá una galería filtrante y desde ahí se bombeará el agua a un tanque elevado que estará localizado cerca de la planta de proceso. La empresa cuenta ya con la autorización de la Comisión Nacional del Agua dentro del cual se localizará la galería filtrante sobre el río Tutuaca.

También se utilizará agua del represo Chabacán que se planea construir aguas arriba de las obras mineras para interceptar el flujo del arroyo Chabacán. Otra fuente de agua será el tajo minero que acumulará el agua subterránea que fluya hacia esta zona y captará los escurrimientos de las áreas cercanas. El agua del tajo será utilizada principalmente para el riego de caminos.

Se contempla la construcción de al menos dos fosas sépticas para la disposición final de las aguas de servicios sanitarios que se generarán en las instalaciones mineras; así mismo, se asignará un sitio exclusivo como relleno sanitario donde se depositará toda la basura no tóxica que se genere desde la etapa de construcción de la mina.

Dado que el actual poblado de Dolores se ubican en la zona donde se desarrollará el tajo minero, otro de los proyectos asociados será la construcción de un nuevo poblado en la zona de Arroyo Amplio, para re-ubicar a los pobladores de Dolores. La empresa proveerá al nuevo poblado con todos los servicios básicos como son agua potable, energía eléctrica, sitio para disposición de basura y drenaje sanitario.

Los acuerdos para ocupación temporal o compra de los terrenos superficiales mejorarán las condiciones económicas de los propietarios y elevará la productividad de estos terrenos. En general, la mayor parte de las actividades del proyecto minero producirán beneficios socioeconómicos y culturales reflejándose en un mejor nivel de vida. También se esperan efectos negativos en esta componente en lo que se refiere a la eliminación de la vegetación nativa en el sitio y el desplazamiento de la fauna silvestre ya que esto puede repercutir en sus actividades de caza y el aprovechamiento a escala doméstica de algunas especies de flora.

Recurso: PaisajeEstado Actual

Hasta el momento, el terreno montañoso de la región donde se enclavarán las instalaciones mineras a desarrollar, impide que el sitio del proyecto sea visible desde cualquier punto. Su ubicación, en la parte "interna" del valle relativo que conforma la barranca del arroyo Chabacán, hace que solamente se le puede observar desde cierta distancia, y en forma limitada, desde los puntos topográficamente altos que se ubiquen en forma general al SE y E del mismo.

El área cerril donde se asentará el proyecto minero Dolores tiene una conformación rocosa, topográfica y morfológica que se puede considerar buena en términos generales, pero no tiene un carácter único porque este tipo de conformaciones se repiten en toda esta parte de la zona serrana.

Sin embargo, la calidad del paisaje del sitio es de bajo valor, en lo que a belleza escénica y visual se refiere, cuando se le compara con las partes más altas, tales como la vecina Mesa de San Agustín y otras, que presentan cañadas, relices, paredones y otros elementos geomorfológicos más atractivos, así como una formación vegetal igualmente más atrayente.

Pronóstico de cambio

Se prevé que los componentes del paisaje tienen capacidad potencial favorable para absorber los cambios que serán introducidos por las actividades mineras, los cuales serán compensados por las medidas de mitigación y restauración que se planea implementar (Ver capítulo VI).

Los elementos mas afectados de esta componente serán sin duda el relieve y la eliminación de la cobertura vegetal, por lo que se cambiará las geoformas naturales y se presentará un contraste cromático del paisaje. El proyecto resultará en efectos evidentes al paisaje aunque no representará un escenario muy contrastante por la naturaleza abrupta y quebrada de la topografía de la región. Tampoco se estará afectando una zona con características especiales ya que elementos similares o de mayor calidad se encuentran en áreas vecinas.

Otro importante elemento del paisaje que verá alterado son los cauces naturales de agua ya que las obras ocuparán parte de ellos y por los efectos de erosión se pueden aportar sólidos finos en los arroyos que captarán los escurrimientos pluviales de las obras mineras como los terreros de material estéril.

VII.2 Programa de vigilancia ambiental

Tomando como base la normatividad vigente se diseñará un programa de monitoreo ambiental que tendrá como propósito vigilar el comportamiento de los principales indicadores ambientales para evaluar la aplicación de las medidas de mitigación y de ser necesario definir acciones de control adicionales en las operaciones mineras para garantizar un ambiente aceptable tanto para los componentes del entorno natural como para los trabajadores y bienes de la empresa.

Los principales indicadores a monitorear se indican enseguida:

| Indicador | Norma o criterio a aplicar | Periodicidad recomendada |
|---|---|---|
| Calidad de agua subterránea | NOM-127-SSA1-1994 Calidad inicial del agua | Trimestral |
| Calidad de agua superficial | CE-CCA-001/89 Calidad inicial del agua | Trimestral |
| Calidad de agua de descarga (fosas sépticas u otra descarga) | NOM-001-SEMARNAT-96 | Semestral o cuando se presenten |
| Niveles de partículas suspendidas en aire ambiente | NOM-025-SSA1-1993 NOM-024-SSA1-1993 | Semestral |
| Calidad del aire en área de planta trituradora | NOM-043-SEMARNAT-1993 | Trimestral |
| Calidad del aire en emisiones del horno de fundición y generadores | NOM-085-SEMARNAT-1994 | Semestral |
| Nivel de ruido ambiental | NOM-081-SEMARNAT-1994 | Anual |
| Calidad del suelo | NOM-138-SEMARNAT/SS-2005 | Cuando se presente algún derrame o se presuma que |
| Registro de superficie desmontada y superficie reforestada/restaurada | Compromisos de compensación/restauración | Semestral |
| Calidad de sedimentos en el arroyo Chabacan y río Tutuaca | Condiciones iniciales de calidad | Anual |
| Consumo mensual de sustancias peligrosas | Historial | Mensual |
| Consumo mensual de aceites y lubricantes | Historial | Mensual |
| Volumen y tipo de residuos peligrosos por mes (incluyendo aceites usados) | Historial | Mensual |

VII.3 Conclusiones

El proyecto minero Dolores consistirá de la explotación y beneficio de un yacimiento de oro y plata enclavado en una zona rural remota con pocas posibilidades de desarrollo por la escasa o nula infraestructura de servicios. Para este proyecto minero se requerirá realizar importantes obras de infraestructura como son: la construcción y rehabilitación de caminos de acceso, la introducción del servicio de energía eléctrica, equipamiento y operación del sistema de abastecimiento de agua, entre otros. Además, se construirá un nuevo poblado para re-ubicar a los pobladores del actual poblado Mineral de Dolores, que se localiza en la zona del yacimiento a explotar.

La explotación del yacimiento será por el método de tajo a cielo abierto y para la etapa de beneficio se utilizará la tecnología de lixiviación cianurada en montones y el proceso de precipitación con zinc (Merrill Crowe) seguido de la etapa de fundición para la obtención de doré (mezcla de oro y plata).

La derrama económica y el beneficio social que arrojará este proyecto minero serán de gran importancia para el municipio y la región. El capital total de inversión inicial para este proyecto será de \$130 a \$172.2 millones de dólares americanos, además de los costos de capital durante la operación de la mina que se estima en \$19 a \$37 millones de dólares y una inversión aproximada de \$18 millones de dólares para los proyectos asociados de infraestructura. El proyecto demandará de 219 empleados en la fase de construcción y 400 empleados en la fase de operación y se espera sea detonador de actividades productivas y la creación de bienes y servicios en la región.

El área donde se desarrollará el proyecto Dolores no pertenece a ninguna área natural protegida ni se encuentra dentro de regiones terrestre prioritarias, aunque si cae dentro de la región hidrológica prioritaria Río Yaqui-Cascada de Basaseachic, establecida por la CONABIO. La superficie de afectación del proyecto se estima en 594.83 hectáreas, incluyendo 72.08 hectáreas de terrenos entre obras que no serán directamente afectados. 209.12 hectáreas de la superficie del proyecto corresponde a terrenos degradados por lo que la afectación en terreno forestal será solo de 385.71 hectáreas. Los terrenos a ocupar por las obras mineras pertenecen al ejido Huizopa y parcelarios del mismo, con quienes la empresa ya ha firmado acuerdos de ocupación temporal o compra. La zona del Mineral de Dolores presenta condiciones muy precarias en cuanto a servicios básicos por ser una zona remota y de difícil acceso. Se carece en el sitio del servicio de energía eléctrica, agua potable, drenaje y sitios adecuados para disposición de basura. El poblado mineral de Dolores cuenta con 258 habitantes (Censo INEGI, 2000), siendo Arroyo Amplio la comunidad más cercana, con 17 habitantes. Otras cinco pequeñas comunidades se localizan dentro de un radio de 10 km del proyecto, las que solo suman 11 habitantes en total.

El sitio del proyecto presenta una topografía abrupta y quebrada. Las obras mineras ocuparán la zona del valle complejo en V del arroyo Chabacán cuyo sistema de drenaje se inclina y descarga hacia el río Tututaca. Este río es una corriente perenne que abriga una variedad de peces como carpas, bagre, entre otros, por lo que ocasionalmente los pobladores locales realizan pesca doméstica. Otros usos de esta corriente de agua son para abrevadero de ganado y riego a baja escala. En la zona del proyecto no se registran aprovechamientos importantes de agua subterránea, con excepción de algunos manantiales que son utilizados a nivel doméstico. El área esta subyacente por material consolidado, correspondiente a rocas de composición andesítica, con posibilidades bajas para servir como acuífero. La vegetación presente en la zona es principalmente matorral subinerme con nopalera y en menor proporción bosque de encino. Se encontró que al menos un 35% de los terrenos a ocupar por las obras mineras, están ya perturbados y no se consideran terrenos forestales. Solo un espécimen de cactus, con categoría de protección, la biznaga (*Ferocactus (Ancistrocactus)*), fue registrado durante los muestreos de campo, por lo que la afectación a

especies protegidas se espera sea prácticamente nula. Se reportan otras especies de cactus en el área, que aunque no están protegidas, se recomienda incluirlas en los programas de protección y conservación de flora que implemente la empresa. En cuanto a la fauna, la zona del proyecto alberga una variedad de especies, principalmente del grupo de las aves y mamíferos, en algunos casos especies protegidas. En los reconocimientos de campo se observaron individuos de las siguientes especies protegidas: puma (*Felis concolor*), el halcón o aguililla peregrino (*Falco peregrinus*), el halcón o águila cola roja (*Buteo Jamaicensis*) y el ave calandria palmera (*Icterus parisorum*).

Con el desarrollo de las obras mineras, el entorno natural se verá modificado afectando principalmente a las componentes de vegetación, geomorfología e hidrología por lo que desde el diseño de las obras mineras y en todas las etapas del proyecto se aplicarán criterios para la protección del medio ambiente.

El impacto mas significativo en la componente de vegetación será la eliminación de la cobertura vegetal en 334.6 ha, principalmente de matorral subinerme-nopalera. Este impacto será mitigado con un plan de desmontes gradual y ordenado según el avance de las obras mineras y mediante programas de reforestación y compensación ambiental que realice la empresa, además de los compromisos que se deriven de la autorización en materia de cambio de uso de suelo.

En cuanto al suelo, la afectación será principalmente en su estructura y profundidad, impacto que será permanente y solo podrá ser mitigado parcialmente al finalizar las operaciones mineras, con el arreglo suavizado de los apilamientos de material estéril (terreros) y mineral (patio de lixiviación), el relleno de las piletas de proceso y el relleno parcial del tajo minero. La calidad del suelo será otra afectación potencial que se podrá prevenir gracias a las medidas de protección que se incluirán en las áreas donde se manejen soluciones de proceso, sustancias químicas e hidrocarburos.

Los impactos más significativos en la hidrología recaen en el cambio de los patrones de drenaje local y la potencial alteración de la calidad del agua. Para contrarrestar estos efectos, se construirán obras de desviación de escurrimientos superficiales, con capacidad para contener el flujo de un evento de lluvia en 100 años-24 horas, lo que protegerá las instalaciones mineras y disminuirá los efectos por erosión hídrica. Durante la etapa de abandono se re-integrará al drenaje natural los escurrimientos del área del patio de lixiviación, una vez que se logre su destoxificación y en el largo plazo, los excedentes de agua del lago que se espera se forme en el tajo minero.

Para proteger la calidad de agua durante las operaciones, todas las áreas de proceso y áreas donde se manejen sustancias químicas e hidrocarburos, contarán con piso impermeabilizado y cárcamos de colección para captar y bombear cualquier derrame o escurrimiento que pueda presentarse.

Otras medidas y condiciones que favorecerán la protección de la calidad del agua en la zona del proyecto serán:

La mayor parte del material estéril que se producirá no resultó generador de ácido ni presenta ningún grado de toxicidad, de acuerdo a las pruebas de caracterización geoquímica que se realizaron. Solo un 17.9 % de todo el material estéril presentó potencial de generar ácido por lo que este será depositado en los terreros de tal forma que quede cubierto con el material inerte, evitando así su exposición directa a los efectos de intemperización.

Los resultados de las pruebas de enjuague que se realizaron a las muestras de mineral agotado, después de someterse a lixiviación, indican que se podrá lograr la destoxificación del material en el patio de lixiviación, aunque se recomienda pruebas adicionales previo a la formulación del plan definitivo para el cierre y restauración de la mina.

Todos los residuos que se generarán en las diferentes instalaciones mineras, tendrán un manejo adecuado de acuerdo a sus características y grado de toxicidad

Para minimizar la migración excesiva de partículas hacia los cauces naturales, de áreas desprovistas de vegetación como los terreros, se conformarán apilamientos con pendiente general de 22° en los taludes y de 18° en la parte superior lo que controlará la velocidad y efectos erosivos por los escurrimientos pluviales. Además, desde la etapa de operación y principalmente en la etapa de abandono se implementarán programas de reforestación y siembra con especies nativas en las áreas desprovistas de vegetación donde sea posible y práctico. De ser necesario, durante las operaciones, se podrían construir cárcamos o lagunas de sedimentación en los escurrimientos mayores antes de su descarga a los cauces naturales.

Se implementará un programa de monitoreo periódico de la calidad del agua superficial y subterránea para vigilar y detectar posibles alteraciones de las condiciones naturales de este recurso.

Los impactos benéficos que producirá el proyecto minero Dolores incidirán principalmente en la componente socioeconómica, ya que las condiciones en la región se verán altamente favorecidas con la generación de empleos. Además se incrementará la demanda de bienes y servicios en la región y se dotará de infraestructura muy valiosa para esa zona tan remota del municipio de Madera, Chihuahua, como ya se describió previamente. También se tendrá un efecto positivo desde el punto de vista cultural ya que la fuente de empleos e introducción de servicios básicos elevará la calidad de vida y propiciará el arraigo de la población.

Otros beneficios importantes serán la restauración del sitio al finalizar las operaciones mineras, lo que promoverá el desarrollo de la cobertura vegetal en áreas que originalmente estaban degradadas, también la creación de una importante obra de almacenamiento de agua en el tajo minero. Todo esto, aunado a la infraestructura que se dejará en la zona, alentará el desarrollo de otras actividades productivas en la región.

De acuerdo al análisis de los impactos que se presenta en el capítulo V de esta manifestación de impacto ambiental, los impactos benéficos superan a los impactos adversos por lo que se concluye que el proyecto es viable desde el punto de vista ambiental, tomando en cuenta todas las medidas de seguridad y protección al ambiente propuestas para las diferentes etapas del proyecto.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson S. 1972. Mammals of Chihuahua. Taxonomy and distribution. New York.
- Aparicio, F.J., 1999. Fundamentos de hidrología de superficie. LIMUSA, 303 pp.
- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Ver. 212pp.
- Arriaga Cabrera, L., V. Aguilar Sierra, J. Alcocer Durand, R. Jiménez Rosenberg, E. Muñoz López, E. Vázquez Domínguez (coords.). 1998. Regiones hidrológicas prioritarias. Escala de trabajo 1:4 000 000. 2ª. edición. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México
- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Escala de trabajo 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México
- Bojórquez-Tapia L.A., Ezcurra E. y García O., 1998. Appraisal of environmental impacts and mitigation measures through mathematical matrices. Journal of Environmental Management (1998) 53,91-99.
- Brown, D. E. 1982. Biotic Communities of the American Southwest, United States and México. Desert Plants, Vol. 4 (1-4) 315 pp.
- Campos Aranda, D.F., 1984. Procesos del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis, volúmenes 1 y 2.
- CITES. 1990. Apéndices I, II, III. to the Conservation on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. U.S. Fish and Wildlife Service, Interior.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1999). "Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO". Escala 1: 1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México.
- Conolly, 1981. Assessing populations. Pages 287 – 345 in O.C. Wallmor Ed. Mule and black tailed deer of North America. University of Nebraska. Press Lincoln.
- Consejo de Recursos MInerales (CRM), 1994. Monografía geológico-minera del Estado de Chihuahua. Secretaría de Energía, Minas, e Industria Paraestatal, Subsecretaría de Minas, Publicación M-14e, 297 pp.
- Cook and Stubbendieck. 1986. Range Research: Basic Problems and Techniques. Society for Range Management. Denver, Co.
- DECRETO que declara Reserva Forestal Nacional y Zona de Refugio de la Fauna Silvestre denominándola Tutuaca, los terrenos nacionales de la región Sur de Temósachic, Chih. 06-07-37
- Diario Oficial de la Federación, 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. México, D. F. 6 de Marzo del 2002. (Primera Sección).
- Figueroa S., B., A. Amante O., H.G. Cortes T., J. Pimentel L., E.S. Osuna C., J.M. Rodríguez O., y F.J. Morales. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. SARH-Colegio de Postgraduados. México.
- Franco L.J., 1991. Manual de Ecología. Ed. Trillas, México, 266 pp.
- García, E., s/f. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.

- Golder Associates, Inc., 2005. The Dolores Project, Chihuahua, Mexico, Feasibility Study, Summary Report for Geotechnical and Geo-environmental Supporting Studies. Mayo 20 del 2005, 66 pp. más anexos.
- Hall, J.G. 1981. The mammals of north america. John Wiley and Sons New York.
- Howell, S.N. y S. Webb. 1995. The Birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. California. 851 p.
- HSI GeoTrans, 1998. Preliminary hydrogeological assessment, Dolores Project, Sierra Madre Occidental, Chihuahua, Mexico. 6 pp.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2000. Sistema de Información Climatológica (SICLIM). Versión 1.0.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), s/f. Carta hidrológica de aguas superficiales Madera, H12-9. Esc. 1:250,000. Editada por la entonces Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1981. Carta hidrológica de aguas superficiales 1:1,000,000 Tijuana, 1ª ed. Editada por la entonces Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1981. Carta hidrológica de aguas subterráneas 1:1,000,000 Tijuana, 1ª ed. Editada por la entonces Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1984. Carta hidrológica de aguas subterráneas 1:250,000 Tecoripa, 1ª ed. Editada por la entonces Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP), Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 1999. Estudio hidrológico del estado de Chihuahua. INEGI y Gobierno del Estado de Chihuahua, 222 pp.
- Junta Central de Agua y Saneamiento del Estado de Chihuahua (JCASECH) 1996, Estudio Geohidrológico del poblado Mineral de Dolores, Municipio de Madera, Estado de Chihuahua. 16 pp.
- Kirkby, M.J. & R.P.C. Morgan, 1984. Erosión del suelo. Ed. Limusa, México, 375 pp.
- Krebs, C. J. 1989. Ecological Methodology. Harper and Row Publ., New York. 654 pp.
- Lancin, R. , J. D. Nichols and K. H. Pollock. 1994. Estimating the number of animals in wildlife populations (Chapter 9). In Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats. Ed. T. A. Bookhout The Wildlife Society. Bethesda, Maryland.
- Lizárraga J.A., 1993. Método de Indicadores Característicos. Revista de Calidad Ambiental.
- Martínez M. 1987. Catálogo de nombres vulgares y científicos de Plantas mexicanas, Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 1247 pp.
- Monsalve Sáenz, G., 1999. Hidrología en la ingeniería. Alfaomega, 2ª edición, 358 pp.
- Müller-Dumbois & Ellenberg, 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons, Nueva York, USA.
- National Geographic. 1999. Field Guide to the birds of North América. Washington.
- Neff, D. J. 1968. The pellet – group count techniques for big game trend, census and distribution: a review Journal of Wildlife Management. 32 : 597 – 614.
- Ortiz-Villanueva, C.A. & Ortiz-Solorio, 1987. Edafología. 7ª. Edición, Universidad Autónoma de Chapingo, México, págs. 51-82

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Bibliografía

- Overbay, W.J., Page, T.C., Krasowski, D.J., Bailey, M.H., Mathews, T.C., 2001. Geology, Structural Setting, and Mineralization of the Dolores District, Chihuahua, Mexico. En: Albinson, Tawn, and Nelson, Carl (eds): New Mines and Discoveries In Mexico and Central America. SEG, Special Publication No. 8, Johnson Printing Co., pp. 71-85.
- Peterson, R.J. y E.L. Chalif. 1976. A Field Guide to Mexican Birds. México, Guatemala, Belice (British, Honduras), El Salvador, Houghton Mifflin Co. Boston. 228 p.
- Radelli, L., 1997. Mesa Rica gold mine, Sonora, Mexico. Bol. Depto. Geol. Uni-Son, vol. 1, no. 14, p. 25-46.
- Rzedowski, J, y M. Equihua, 1987. Alas Cultural de México. Flora. Secretaría de Educación Pública, Grupo Editorial Planeta, México, 222 pp.
- Rzedowski, J. 1990. Vegetación Potencial IV.8.2. Atlas Nacional de México, Escala 1: 4,000,000. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Rzedowski, J. T. Reyna-Trujillo, 1990. Divisiones florísticas. En: Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceas). IV.8.3. Atlas Nacional de México, Vol. II. Escala 1:8,000,000. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Rzedowski, J., 1981. Vegetación de México. Editorial Limusa, México, 432 pp.
- SEMARNAP, Subsecretaría de Recursos Naturales. (1998). "Mapa de suelos dominantes de la República Mexicana" . (Primera aproximación 1996). Escala 1:4 000 000. México
- SPP. 1982. Uso Potencial Agricultura. Carta temàtica Tijuana 1:1.000.000.
- SPP. 1982. Uso Potencial Forestería. Carta temàtica Tijuana 1:1.000.000.
- SPP. 1982. Uso Potencial Pecuario. Carta temàtica Tijuana 1:1.000.000.
- SPP. 1982a. Uso Potencial Agricultura. Carta temàtica Tijuana 1:1.000.000.
- SPP. 1982b. Uso Potencial Pecuario. Carta temàtica Tijuana 1:1.000.000.
- SPP. 1982c. Uso Potencial Forestería. Carta temàtica Tijuana 1:1.000.000.
- Troll Carl, 2003. Ecología del Paisaje. En Gaceta Ecológica No. 68, 2003.
- Tyson, E. L. 1959. A drive vs. Track census. Translation North American Wildlife Natural Resource Conference. 24 : 457 - 464.

CONTENIDO GENERAL

| | |
|---------------------|--|
| Capítulo I | Datos Generales del Proyecto |
| Capítulo II | Descripción General del Proyecto |
| Capítulo III | Aspectos del Medio Natural y Socioeconómico |
| Capítulo IV | Integración del Proyecto a las Políticas de Desarrollo Urbano |
| Capítulo V | Descripción del Proceso |
| Capítulo VI | Análisis y Evaluación de Riesgos |
| Capítulo VII | Resumen |

ANEXOS

| | |
|------------------|---|
| Anexo I | Documentos probatorios de Compañía Minera Dolores S.A. de C.V. |
| Anexo II | Listado de equipos de operación y auxiliares |
| Anexo III | Traducción del reporte de Golder Associates Inc. "Pit Lake Geochemical Analysis" |
| Anexo IV | Análisis de posibles riesgos de contaminación al suelo y recursos hídricos |
| Anexo V | Hojas de Seguridad de las sustancias |
| Anexo VI | Memorias de cálculo de las corridas de modelos de riesgo por el manejo de sustancias |

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL | 1 |
| I.1 Promovente..... | 1 |
| I.1.1 Nombre o razón social..... | 1 |
| I.1.2 Registro Federal de Causantes (RFC) | 1 |
| I.1.3 Nombre y cargo del representante legal | 1 |
| I.1.4 Registro Federal de Contribuyentes y Cédula Única de Registro de Población del representante legal..... | 1 |
| I.1.5 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oir notificaciones | 1 |
| I.1.6 Actividad productiva principal | 1 |
| I.1.7 Número de trabajadores equivalentes..... | 1 |
| I.1.8 Inversión estimada en moneda nacional | 2 |
| I.2 Responsable de la elaboración del estudio de riesgo ambiental | 2 |
| I.2.1 Nombre o razón social..... | 2 |
| I.2.2 Registro Federal de Contribuyentes..... | 2 |
| I.2.3 Cédula Unica de Registro de población y Número de Cédula Profesional de responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental..... | 2 |
| I.2.4 Dirección del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental | 2 |
| II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO | 3 |
| II.1 Nombre del proyecto..... | 3 |
| II.2 Descripción de la actividad a realizar, sus procesos e infraestructura necesaria..... | 3 |
| II.2.1 Resumen de las operaciones | 6 |
| II.2.2 Infraestructura necesaria | 8 |
| II.2.3 La planta se encuentra en operación? | 8 |
| II.2.4 Planes de crecimiento a futuro | 8 |
| II.2.5 Vida útil del proyecto | 8 |
| II.3 Criterios de ubicación..... | 8 |
| III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO | 9 |
| III.1 Descripción del sitio | 9 |
| III.2 Características climáticas | 13 |
| III.3 Intemperismos severos | 15 |
| IV. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN LOS PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO..... | 16 |
| IV.1 Programa de Desarrollo Municipal | 16 |
| IV.2 Programa de Desarrollo Urbano Estatal..... | 16 |
| IV.3 Plan Nacional de Desarrollo | 17 |
| IV.4 Decretos y programas de manejo de Áreas Naturales Protegidas..... | 17 |
| Planes de ordenamiento ecológico del territorio | 17 |
| Áreas Naturales Protegidas..... | 18 |
| Reigones hidrológicas prioritarias | 18 |
| Regiones terrestres prioritarias | 20 |
| V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO | 21 |
| V.1 Bases de diseño | 21 |
| V.1.1 Proyecto civil..... | 21 |
| V.1.2 Proyecto mecánico..... | 38 |
| V.1.3 Proyecto eléctrico..... | 38 |
| V.1.4 Proyecto sistema contra-incendio | 38 |
| V.2 Descripción detallada del proceso..... | 41 |

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Tabla de contenido

| | |
|--|-----|
| V.2.1 Minado | 41 |
| V.2.2 Trituración | 43 |
| V.2.3 Lixiviación..... | 47 |
| V.2.4 Proceso Merrill-Crowe..... | 51 |
| V.2.5 Fundición..... | 53 |
| V.3 Hojas de seguridad..... | 56 |
| V.4 Almacenamiento | 61 |
| V.5 Equipos de proceso y auxiliares | 61 |
| V.6 Condiciones de operación | 64 |
| V.6.1 Balance de materia y energía | 64 |
| V.6.2 Temperaturas y presiones de diseño y operación | 64 |
| V.6.3 Estado físico de las diversas corrientes del proceso | 64 |
| V.6.4 Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes) | 65 |
| V.6.5 Diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente..... | 65 |
| V.7 Cuarto de control | 68 |
| V.7.1 Especificación del cuarto de control..... | 68 |
| V.7.2 Sistemas de aislamiento | 68 |
| VI. ANÁLISIS Y EVALUACION DE RIESGOS | 69 |
| VI.1. Antecedentes de accidentes e incidentes | 69 |
| VI.2 Metodologías de Identificación y Jerarquización de riesgos | 71 |
| VI.2.1. Selección de sustancias..... | 71 |
| VI.2.2 Selección y descripción de metodologías | 74 |
| VI.2.3. Identificación de riesgos ambientales | 75 |
| VI.2.4. Jerarquización de riesgos ambientales..... | 89 |
| VI.2.5. Evaluación de riesgos | 90 |
| V.3. Radios potenciales de afectación | 116 |
| VI.4. Interacciones de riesgo..... | 118 |
| VI.5 Recomendaciones técnico-operativas..... | 120 |
| VI.5.1 Sistemas de seguridad..... | 120 |
| VI.5.2 Medidas preventivas | 122 |
| VI.6 Residuos, descargas y emisiones generadas durante las operaciones..... | 124 |
| VI.6.1 Descargas de agua residual | 124 |
| VI.6.2 Emisiones a la atmósfera..... | 124 |
| VI.6.3 Generación de residuos | 124 |
| VII. RESUMEN | 126 |
| VII.1 Conclusiones del Estudio de Riesgo | 126 |
| VII.2 Resumen de la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental..... | 127 |
| VII.3 Informe técnico | 129 |

Índice de figuras

| | |
|--|-----|
| Figura II.1 Localización geográfica | 4 |
| Fig. II.2 Arreglo general de las obras mineras..... | 5 |
| Figura II.3. Diagrama general de las operaciones mineras..... | 7 |
| Figura IV.1 Áreas Naturales protegidas en la región..... | 19 |
| Figura V.1 Etapas de desarrollo del tajo y terreros | 23 |
| Figura V.2 Arreglo del patio de lixiviación..... | 25 |
| Figura V.3 Arreglo general del área de proceso e instalaciones de servicio..... | 28 |
| Figura V.4 Area de la planta Merrill Crowe..... | 29 |
| Figura V.5 Obras de desviación de aguas superficiales..... | 31 |
| Figura V.6 Arreglo del taller, almacén y laboratorio..... | 33 |
| Figura V.6b Arreglo de las oficinas..... | 34 |
| Figura V.7 Arreglo del área de lavado de camiones..... | 35 |
| Figura V.8 Arreglo del almacén de combustibles | 37 |
| Figura V.9 Arreglo de la subestación eléctrica | 39 |
| Figura V.10 Diagrama eléctrico general | 40 |
| Figura V.11 Diagrama de flujo de Trituración Primaria..... | 44 |
| Figura V.12 Diagrama de flujo de Trituración Secundaria y Terciaria..... | 46 |
| Figura V.13 Diagrama de flujo de lixiviación..... | 49 |
| Figura V.14 Diagrama de flujo del proceso Merrill-Crowe | 52 |
| Figura V.15 Diagrama de flujo del proceso de fundición | 54 |
| Figura V.16 Arreglo de la planta de beneficio..... | 55 |
| Figura V.17 Diagrama de flujo del manejo de reactivos | 59 |
| Figura V.18 Diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de agua..... | 60 |
| Figura V.19 Arreglo del área de preparación y almacenamiento de cianuro de sodio | 63 |
| Figura VI.1 Diagrama de pétalo de la gasolina..... | 95 |
| Figura VI.2 Diagrama de pétalo para diesel | 99 |
| Figura VI.3 Diagrama de pétalo para el gas propano..... | 105 |
| Figura VI.4 Diagrama de pétalo del nitrato de amonio | 109 |
| Figura VI.5 Diagrama de pétalo del hidróxido de sodio..... | 112 |
| Figura VI.6 Diagrama de pétalo del cianuro de sodio..... | 115 |
| Figura VI.7 Mapa de interacciones de riesgo | 119 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla V.1 Características de calidad de soluciones lixiviantes | 50 |
| Tabla V.2 Listado de sustancias químicas y combustibles..... | 57 |
| Tabla V.3 Tipos de recipientes y condiciones de almacenamiento de combustibles y sustancias..... | 62 |
| Tabla V.4 Condiciones de operación..... | 66 |
| Tabla VI.1. Relación de sustancias involucradas en el proceso de beneficio del proyecto minero Dolores | 73 |
| Tabla VI.2. Relación de Metodologías para el análisis de riesgos ambientales de las sustancias consideradas en el proyecto minero Dolores | 74 |
| Tabla VI.3. Análisis HAZOP del Propano | 84 |
| Tabla VI.4. Matriz de jerarquización de los eventos riesgosos de las sustancias en el proyecto minero Dolores | 89 |
| Tabla VI.5. Datos suministrados en la evaluación de riesgos de la gasolina | 91 |
| Tabla VI.6. Dispersión tóxica de los gases generados por la gasolina derramada | 92 |

| | |
|---|-----|
| Tabla VI.7. Riesgos de inflamabilidad de la gasolina | 93 |
| Tabla VI.8. Riesgo potencial de incendio con gasolina | 93 |
| Tabla VI.9. Efecto de las modelaciones realizadas para explosión de gasolina (Efectos de la explosión de una nube de gas no confinada)..... | 94 |
| Tabla VI.10. Datos suministrados en la evaluación de riesgos del diesel..... | 96 |
| Tabla VI.11. Dispersión de vapores tóxicos generados por el derrame del Diesel desde el tanque de almacenamiento (caso diesel-1)..... | 97 |
| Tabla VI.12. Riesgos de inflamabilidad del combustible diesel..... | 97 |
| Tabla VI.13. Riesgo potencial de incendio con el combustible Diesel..... | 98 |
| Tabla VI.14. Datos suministrados en la evaluación de riesgo asociado al propano..... | 100 |
| Tabla VI.15. Valores de descarga del gas propano..... | 101 |
| Tabla VI.16. Evaluación de riesgo de incendio del gas propano..... | 102 |
| Tabla VI.17. Riesgos de incendio generado por gas propano..... | 102 |
| Tabla VI.18. Riesgo de fuego por el gas propano | 103 |
| Tabla VI.19. Efectos explosivos de vapores no confinados | 103 |
| Tabla VI.20. Efectos explosivos por sobre presión del gas propano..... | 104 |
| Tabla VI.21. Datos suministrados en la evaluación de riesgo por el método SCRI Versión 3.0 asociado al polvorín..... | 106 |
| Tabla VI.22. Relación de afectación por distancia en los riesgos por explosión asociados al nitrato de amonio..... | 107 |
| Tabla VI.23. Datos suministrados en la evaluación de riesgo por el método ARCHIE Ver1.0 asociado al polvorín..... | 107 |
| Tabla VI.24. Datos suministrados en la evaluación de riesgo asociado al hidróxido de sodio. 110 | |
| Tabla VI.25. Dispersión de vapores tóxicos generados por el derrame potencial de tanque de mezclado conteniendo hidróxido de sodio al 65% (caso hidróxido-1)..... | 111 |
| Tabla VI.26. Datos suministrados en la evaluación de riesgo asociado al cianuro de sodio. .. | 113 |
| Tabla VI.27. Dispersión de vapores tóxicos generados por manejo de cianuro de sodio en los casos revisados | 114 |
| Tabla VI.28 Resumen global de afectaciones potenciales de las sustancias involucradas en el proyecto minero Dolores..... | 117 |

I. DATOS GENERALES DEL PROYECTO, DEL PROMOVENTE Y DEL RESPONSABLE DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

I.1 Promovente

I.1.1 Nombre o razón social

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

DATOS PROTEGIDOS POR LA LFTAIPG

I.1.2 Registro Federal de Causantes (RFC)

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

I.1.3 Nombre y cargo del representante legal

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

I.1.4 Registro Federal de Contribuyentes y Cédula Única de Registro de Población del representante legal

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

I.1.5 Dirección del promovente o de su representante legal para recibir u oír notificaciones

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

I.1.6 Actividad productiva principal

Minería, proyecto minero-metalúrgico

I.1.7 Número de trabajadores equivalentes

Se generarán 400 empleos en la etapa de operación, de los cuales 311 serán operativos y el resto serán administrativos.

El número de trabajadores equivalentes se estima en: 92.9 (empleados) y 454 (obreros).

1.1.8 Inversión estimada en moneda nacional

El capital total de inversión para el proyecto minero será de \$1,381.9 a \$1,830.48 millones de pesos, utilizando el tipo de cambio de \$10.63 pesos del 15 de agosto del 2005. Además se estima que los costos de capital durante los años de operación serán de \$201.9 a \$393.3 millones de pesos. Adicionalmente se invertirán aproximadamente \$191.3 millones de pesos en proyectos asociados como son la introducción de energía eléctrica, el nuevo camino de acceso y re-ubicación del poblado Mineral de Dolores.

Para la etapa de cierre y restauración de la mina, se ha estimado un monto aproximado de \$85 millones de pesos, que incluye principalmente las actividades de cercado del tajo, cubierta del patio con roca gruesa, manejo de las soluciones en el patio, construcción de celda de evapotranspiración, demolición de edificios y cimientos, reforestación y monitoreo ambiental.

I.2 Responsable de la elaboración del estudio de riesgo ambiental

1.2.1 Nombre o razón social

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

1.2.2 Registro Federal de Contribuyentes

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

1.2.3 Cédula Unica de Registro de población y Número de Cédula Profesional de responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

1.2.4 Dirección del responsable de la elaboración del Estudio de Riesgo Ambiental

PROTECCION DE DATOS PERSONALES LFTYAIPG

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

II.1 Nombre del proyecto

Proyecto minero Dolores

II.2 Descripción de la actividad a realizar, sus procesos e infraestructura necesaria

El proyecto Dolores se ubica en la comunidad Mineral de Dolores, municipio de Madera, Chihuahua (Fig. II.1). Será un desarrollo minero de gran importancia con repercusión a nivel local y regional y consistirá de la explotación de un yacimiento de oro y plata por el método de tajo abierto, utilizando la tecnología de lixiviación cianurada en montones y el proceso de precipitación con zinc (Merrill Crowe) seguido de la etapa de fundición para la obtención de doré (mezcla de oro y plata). El yacimiento Dolores se caracteriza por roca volcánica intermedia de composición andesítica, la plata y el oro fueron depositados por fluidos hidrotermales en un ambiente epitermal de bajos sulfuros y potásicos.

Por lo remoto de la zona, se carece de infraestructura de servicios en el sitio del proyecto, por lo que la empresa Compañía Minera Dolores S.A. de C.V. tendrá que desarrollar paralelamente varios proyectos asociados como son la construcción de camino de acceso, la introducción de energía eléctrica, sistema de abastecimiento de agua, reubicación del poblado Dolores y sitios para disposición de basura no tóxica.

El proyecto minero tendrá una vida útil aproximada de 14 a 17 años; 1.5 años de diseño y construcción, 9 a 12 años de operación, 1.5 años de lixiviación residual y 2 años de restauración. En la etapa de construcción se generarán aproximadamente 219 empleos y en la etapa de operación se estiman 400 empleos.

El proyecto implica el desarrollo de las siguientes obras: tajo, terreros, patio de lixiviación, piletas, planta de beneficio e instalaciones varias de servicio como taller, almacenes, laboratorio, entre otros. Las obras ocuparán un total de 594.83 ha de acuerdo al arreglo general que se presenta en la figura II.2

Figura II.1 Localización geográfica

Fig. II.2 Arreglo general de las obras mineras

II.2.1 Resumen de las operaciones

Las operaciones del proyecto minero Dolores se resumen en el diagrama general de bloques que se muestra en la figura II.3, en el cual se aprecian cinco fases principales que constan del minado, trituración, lixiviación, recuperación con zinc y fundición.

En la etapa de minado se utilizarán explosivos para la fragmentación de la roca que será extraída por el método a tajo abierto. Esta operación generará dos tipos de material: el mineral que pasará a la etapa de trituración y posteriormente a los patios impermeabilizados para la lixiviación; y el tepetate o material estéril que será depositado sobre el terreno natural en áreas predeterminadas donde se formarán apilamientos llamados terreros.

El apilamiento de mineral en los patios impermeabilizados será sujeto a lixiviación con soluciones cianuradas (500 mg/l de NaCN). La recuperación de los valores de oro y plata de las soluciones lixiviantes se llevará a cabo por medio de la precipitación con zinc. Todas las soluciones de proceso se mantendrán en un circuito cerrado y sobre áreas impermeabilizadas, lo que reduce sustancialmente la posibilidad de contaminación al entorno natural.

El precipitado de zinc, que contiene los valores de interés, se somete primeramente a secado al vacío para extraer y colectar el contenido de mercurio y posteriormente a fundición donde se producirá el doré y residuos de escoria.

En el Capítulo V de este documento se hace una descripción detallada del proceso.

Figura II.3. Diagrama general de las operaciones mineras.

II.2.2 Infraestructura necesaria

Algunas obras de apoyo y servicio que se desarrollarán a la par con el proyecto minero se enlistan abajo, mismas que se describen mas adelante en el Capítulo V de este documento.

Camino de acceso

Re-localización del poblado Mineral de Dolores

Canales y obras para control de aguas pluviales

Taller/almacén/laboratorio/oficinas

Almacén de explosivos

Almacén de residuos peligrosos

Almacén de combustibles

Sistema de abastecimiento de agua

Subestación eléctrica

Relleno sanitario

Fosas sépticas

II.2.3 La planta se encuentra en operación?

No, el proyecto minero se encuentra en la etapa de diseño e ingeniería y en proceso de evaluación y obtención de todos los permisos correspondientes.

II.2.4 Planes de crecimiento a futuro

No se contemplan por el momento planes de crecimiento mas allá de las obras que se proponen en el presente estudio.

II.2.5 Vida útil del proyecto

El tiempo de vida de la mina será de 14 a 17 años ya que la fase de restauración iniciará paralelamente con la lixiviación residual. La etapa de construcción durará 1.5 años, las operaciones 9 a 11.5 años, la lixiviación residual 1.5 años y la restauración 2 años.

II.3 Criterios de ubicación

Por razones obvias la ubicación del yacimiento minero es el factor crítico para la ubicación del desarrollo minero, así también la topografía y rasgos hidrológicos del sitio fueron determinantes en la ubicación de las diferentes obras e instalaciones de apoyo para explotar este yacimiento.

III. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

De acuerdo a lo que se indica en la Guía de SEMARNAT para la elaboración del Estudio de Riesgo, nivel 3, este capítulo, si bien no se omite, no será detallado y solo se presenta el siguiente resumen de la información sobre la descripción del medio natural y socioeconómico. La información completa se desarrolló en el capítulo IV de la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto minero Dolores, la cual se ingresa junto con este Estudio de Riesgo.

III.1 Descripción del sitio

El proyecto se ubica en la Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte de la Provincia de la Sierra Madre Occidental. Esta Subprovincia corresponde a una zona de topografía abrupta y quebrada en la que predominan las sierras altas que llegan a alcanzar los 2,600 m.s.n.m., presentando cañadas y valles con paredes en forma de V, siendo abundantes los escarpes y relieves. Estas características las presenta la zona del proyecto minero Dolores, el cual se enclava principalmente en el valle complejo en V del arroyo Chabacán y una pequeña porción en el del arroyo San Agustín, ambos afluentes del cercano río Tutuaca. El poblado actual del Mineral de Dolores se localiza a los 1,500 m.s.n.m., en un sitio que será modificado por el tajo. En los lugares donde se desarrollarán las obras mineras son escasas las pendientes mayores a 100% así como los rasgos escarpados.

Estas características fisiográfico-geomorfológicas están relacionadas al trabajo de los procesos exógenos (erosión e intemperismo) moldeando un relieve con controles dados por las características litológicas y estructurales de las formaciones geológicas presentes. Existen dos sucesiones compuestas de rocas volcánicas y volcánicas. La más antigua, conocida como la "secuencia volcánica inferior", es de composición intermedia y aloja al cuerpo mineral de interés para este proyecto. Estratigráficamente y topográficamente por encima, se encuentra la "secuencia volcánica superior", misma que es de naturaleza félsica y mucho más resistente a la erosión que la anterior, de tal forma que constituye las partes más altas y abruptas de la zona de estudio mientras que la secuencia volcánica inferior aflora en las partes internas y relativamente bajas del valle complejo del arroyo Chabacán, es decir forma sus paredes, lecho y otras topoformas (cerros y mesas) en su interior. Estas secuencias tienen una distribución geográfica tan amplia que son típicas de la Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte y, en sí, de toda la Sierra Madre Occidental.

Otras formaciones en el área de estudio del sistema ambiental, aunque por fuera de los sectores a ser modificados por las operaciones mineras, corresponden a conglomerados, areniscas y basaltos intercalados de la Formación Báucarit así como coladas de rocas máficas mucho más jóvenes. Ambas unidades son bastante comunes en esta parte de la Sierra Madre Occidental aunque su distribución no es tan amplia como las secuencias volcánicas antes mencionadas. La Formación Báucarit es muy resistente a los agentes erosivos y forma escarpes, en algunos lugares prácticamente verticales. Las estructuras geológicas más comunes corresponden a fallas y fracturas de alto ángulo, con movimientos tanto en rumbo como en echado, de orientaciones NE-SW y NW-SE, aunque se aprecian otras orientaciones y tipos de rasgos. La fracturación de las rocas es mayor en la vecindad de las estructuras.

Sobre las rocas anteriores han actuado los procesos pedogénicos, con influencia de factores topográficos, climatológicos y bioquímicos, para generar los suelos típicos del área. Estos son el luvisol crómico, el litosol y el cambisol crómico. El litosol predomina donde la

pendiente es mayor y su coloración está relacionada a la roca madre subyacente. Por su parte, los litosoles y cambisoles presentan coloraciones café a rojizas y una susceptibilidad a la erosión de intermedia a alta. Salvo en lugares muy propicios, no son muy potentes. Su clase textural más abundante es media por lo que en las muestras tomadas las texturas predominantes fueron la franco arenosa y la franco arcillo arenosa. La estabilidad edafológica es de intermedia a baja. Las características edafológicas del lugar son comunes a la región y no representan características especiales o únicas.

El valle y sistema de cañadas del arroyo Chabacán se inclinan, y por lo tanto, drenan de Oeste a Este el escurrimiento superficial colectado en una área de 17.6 km². Las cabeceras de este arroyo y de sus tributarios llegan a estar a alturas por arriba de los 2,000 m.s.n.m y escurren al río Tutuaca que en este sector se encuentra a una elevación de 1,060 m.s.n.m. El área de drenado (395 km²) de este río constituye la subcuenca "r" de la cuenca B (río Yaqui) (71,776 km² totales, 14,494.1 km² en Chihuahua) de la región hidrológica 9 (Sonora Sur). De esta forma, la microcuenca del Chabacán sólo representa el 4 % de la superficie de la subcuenca r, el 2.6% de la porción de la cuenca B ubicada en Chihuahua y el 0.5% del total de la misma. A su vez, las 594.82 ha del proyecto minero representan el 1.5 % de la subcuenca r y el 0.008% de la cuenca B río Yaqui. 553.66 ha del proyecto minero se ubican en la microcuenca del arroyo Chabacán y representan el 31.5% de la misma. Otras 41.2 ha del proyecto caen en la parte alta de la microcuenca del arroyo San Agustín pero sólo representan una mínima parte de la misma.

Los escurrimientos del Chabacán actualmente no presentan aprovechamiento alguno por lo que desembocan al río Tutuaca, el cual se une al río Sirupa-Aros mismo que, tras unirse a otros tributarios, eventualmente se convierte en el río Yaqui para alcanzar la presa Plutarco Elías Calles, ubicada en el estado de Sonora a varios cientos de kilómetros aguas abajo del Mineral de Dolores. La calidad del agua superficial en el sitio del proyecto, conforme a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, en lo referente a desarrollo y conservación de la vida acuática, no es la adecuada en lo que se refiere a sulfato y bario, y en algunas muestras en manganeso y fluoruro. Los parámetros con valores adecuados son cloruro, antimonio, arsénico, titanio y mercurio. En general, la mejor calidad de agua para la vida acuática se encuentra en la parte alta de la microcuenca en la cabecera del Chabacán. Para uso pecuario la calidad es adecuada.

La zona donde se desplantarán las obras mineras está subyacente por material consolidado de posibilidades bajas para servir como acuífero, correspondiente a las rocas de composición andesítica de la Secuencia Volcánica Inferior. Sin embargo, la porosidad secundaria es variable, incrementándose obviamente en las cercanías de fallas y otras estructuras que han inducido fracturamiento a las rocas. En esta zona, el agua subterránea se encuentra a profundidades que varían de 69 m de la superficie hasta el nivel de la misma (manantiales) a alturas entre los 1,400 y 1,576 m.s.n.m., estando las mayores elevaciones al Oeste, lo que refleja la topografía y otras características de la microcuenca del arroyo Chabacán. En la actualidad, no existen usos significativos para esta agua, salvo para las actividades de exploración del yacimiento mineral. Su calidad es baja de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994 (modificada en el año 2000), siendo el principal problema los metales pesados lo que la hace en general no apta para consumo humano. En las muestras colectadas, se excedían comúnmente los valores permitidos de hierro, manganeso, aluminio, arsénico y fluoruro.

Conforme al régimen climático, elevación, suelos y fisio-topografía, así como a las actividades antropogénicas y socioculturales, en el área se presentan dos asociaciones florísticas: (1) matorral subinermé con amplias zonas de nopaleras; y, (2) bosque de encino. Existen zonas de alta perturbación de la cobertura vegetal natural. En los lugares de las

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Aspectos del medio natural y socioeconómico

obras mineras hay entre un 30 y 40% de terreno sin cobertura natural y en el resto predomina el matorral subinerme-nopaleras.

En total se reconocieron 93 especies perennes de flora correspondientes a 40 familias pero 7 son las que agrupan al 50 % de las especies, siendo éstas: Poaceae, Fagaceae, Cactaceae, Compositae, Agavaceae, Fabaceae y Asteraceae. De las 93 especies reconocidas en el área de estudio, sólo 2 se incluyen en la Norma Oficial NOM-059-ECOL-2001 con la categoría de peligro de extinción. Sin embargo, una (*Thelocactus heterochromus*) se identificó en zonas que no se afectarán por las actividades mineras, lo cual sí es el caso de la otra especie (*Ferocactus (Ancistrocactus) crassihamatus*), misma que sin embargo no es común pues, de hecho, sólo se reconoció un individuo de la misma. Previo a los desmontes se transplantará cualquier individuo que se encuentre de esta especie, a sitios circundantes al proyecto.

Los pobladores del Mineral de Dolores (258 habitantes) y de Arroyo Amplio (12 habitantes) utilizan fundamentalmente la vegetación de la zona como combustible (leña) y para postería para cercos y la construcción de casas. Además, mantienen pequeños hatos de ganado bovino, equino y en menor medida caprino, por lo que se han inducido clareos. Así, un uso de la vegetación apropiada es el de servir de forraje. Además, en forma mínima desarrollan la agricultura manual para aprovechamiento local como frijol, maíz y algunos frutales, esto principalmente en los mismos terrenos del poblado de Dolores. No se detectó la comercialización de especies vegetales en la zona ni su utilización para fines medicinales.

En lo que a fauna respecta, el proyecto queda incluido en el área de distribución de 72 especies de las que sólo 22 fueron avistadas o evidenciadas durante los muestreos realizados. De las 72 especies, 18 tienen un valor intrínseco cinegético, 23 en diversos usos (incluido el cinegético) y 21 se encuentran con algún carácter de protección conforme a la norma NOM-059-SEMARNAT-2001. Las especies de valor estético cultural son todas aves. La fauna incluye grandes y pequeños mamíferos de 30 especies, aves 36 especies y reptiles 4 especies. A estos grupos pertenecen respectivamente 2, 15 y 4 especies enlistadas en la norma recién citada. La mayoría de las especies tienen una población baja a excepción de los gorriones, halconillos y palomas o tórtolas. Las aves son más abundantes en el bosque de encino que en la asociación de matorral subinerme.

De las 21 especies de fauna con algún estatus de protección, sólo se evidenciaron en campo cuatro de ellas: el puma (*Felis concolor*), el halcón o aguililla peregrino (*Falco peregrinus*), el halcón o águila cola roja (*Buteo jamaicensis*) y el ave caliandra palmera (*Icterus parisorum*).

El aprovechamiento de la fauna silvestre se da solamente por los propios habitantes para alimento mediante la cacería y el aprovechamiento de pieles, cornamentas o control de depredadores, así que su repercusión es local. No existen unidades de manejo ambiental (UMA's) ni cacería organizada y comercial. Por otro lado, para fines alimenticios propios ocasionalmente llegan a obtener pescado del río Tutuaca, pero esto queda fuera del sector de las obras mineras.

Las actividades mineras son, por necesidad, procesos modificadores del relieve terrestre tanto por degradación como por agradación. En el primer caso, se encuentra la generación del tajo para extraer el mineral que resultará en una depresión en la que eventualmente, al cese de actividades, se espera la formación de un lago en parte de la zona del tajo que no será rellenada. Igualmente, un proceso de degradación del relieve es el emparejado y nivelación de los sitios donde se ubicarán las áreas de soporte, de proceso y otras. Por su parte, la modificación del terreno por agradación se dará por el desarrollo de los montones para lixiviación y de los cuatro terreros que representan la "construcción" de geoformas de

relieve positivo. Además, está la construcción del bordo de contención del arroyo El Chabacán, aguas arriba de las obras mineras.

De esta forma, las modificaciones al relieve constituyen el efecto más conspicuo y fácilmente evidente al sistema natural. Sin embargo, desde el punto de vista del paisaje, no representa un escenario contrastante con las condiciones actualmente existentes, esto por la naturaleza abrupta y quebrada de la región que pertenece a la Subprovincia de Sierras y Cañadas del Norte de la Sierra Madre Occidental, es decir, los cambios son compatibles con el entorno. Esta subprovincia es de extensión geográfica considerable por lo que se puede expresar que el proyecto minero no afectará conformaciones rocosas, topográficas y morfológicas que puedan considerarse como especiales, raras o únicas. Elementos similares o de mejor calidad se encuentran en áreas vecinas. De hecho, la calidad paisajística del sitio del proyecto es más bien baja en comparación con las áreas más arboladas, con acantilados, paredones y de mayor número de especies de flora y fauna encontradas a lo largo del río Tutuaca y de las partes altas de las sierras circundantes.

Desde la perspectiva de la interrelación vegetación-paisaje no se considera un estado de alta fragilidad. Se desarrollarán medidas de mitigación y restauración que permitirán que en gran parte de las obras (el tajo es la excepción) se re-establezcan la estructura y la diversidad de la vegetación en el menor tiempo posible. Esto será ayudado por el régimen climático y por el tipo de flora que ocurre en el sitio. En consecuencia, solamente habrá un contraste cromático en el paisaje, en las nuevas formas del terreno sin vegetación (v.g. terreros) durante el período de operación de la mina pero la visibilidad del sitio es limitada a puntos altos desde el oriente, en virtud de verse restringida en otras direcciones por el propio terreno. Sin embargo, la región es muy remota y de difícil acceso lo que coadyuva a que la visibilidad de los cambios durante la operación no signifique un problema mayor.

Las modificaciones topográficas por las obras mineras significan también una alteración a la hidrología superficial de la microcuenca del arroyo El Chabacán, tanto en el curso de dicha línea de drenaje como de sus tributarios, lo que a su vez tendrá un reflejo en las condiciones subterráneas. Esto porque las obras mineras se desarrollarán en forma más o menos general por la parte media de dicha microcuenca. Este aspecto se puede considerar como un elemento crítico del sistema como lo es también la cercanía al río Tutuaca.

Las obras mineras en menor medida incidirán en la microcuenca del arroyo San Agustín ubicada al N del arroyo Chabacán y en forma burdamente paralela al mismo, corriendo de poniente a oriente para desembocar también en el río Tutuaca. En esta microcuenca se desplantará el terrero Norte, algunos caminos de acceso y la porción más Norte del tajo, pero de estos elementos es solamente el terrero el que tendrá influencia sobre la microcuenca en cuestión, pues una vez desarrollado el tajo, éste captará agua más que generar escurrimientos y modificará la divisoria Chabacán-San Agustín. Sin embargo, es importante hacer notar que la influencia en la microcuenca del arroyo San Agustín por el proyecto es mucho menor que en el caso del Chabacán debido a que: (1) el terrero Norte ocupa una superficie mucho menor que el resto de las obras, mismas que se ubican en el Chabacán, (2) dicha obra se ubica en la cabecera de un brazo que drena a el arroyo San Agustín ubicado en la parte alta de la microcuenca.

Dado que la vegetación, así como sus asociaciones, tienen una amplia distribución geográfica en la Subprovincia, el factor más crítico cuando se considera la misma viene siendo las especies que tiene algún estado de protección. En el mismo caso se encuentra la fauna de la que, como ya se dijo, se reconocieron 4 especies protegidas.

El proyecto minero Dolores se ubica en terrenos de ejido Huizopa en las inmediaciones de la comunidad Mineral de Dolores, cuya población asciende a 258 personas (INEGI, 2000). En virtud de que ese asentamiento se ubica en la zona del tajo a desarrollar, será necesario reubicar el poblado a otro sitio por lo cual se están evaluando las posibles alternativas. Otra localidad cercana es Arroyo Amplio, con 17 habitantes y se ubica a 2.8 km al SE por lo que queda fuera de las obras mineras. En Dolores existen 52 viviendas de las cuales 8 poseen piso de material diferente a la tierra, 3 tienen agua entubada, ninguna cuenta con drenaje y en 4 se utiliza gas para cocinar. Destaca el hecho de que ninguna vivienda está construida, en techos y paredes, con material de desecho o lámina de cartón. El promedio de ocupantes por vivienda es de 4.98.

El INEGI considera a zona región como marginada al catalogarla en la región económica C, con un salario mínimo de \$40.30 pesos. Se distingue por su baja densidad poblacional así como por lo remoto y difícil del acceso, pues su infraestructura de vías de comunicación y de servicios es pobre o nula. Se carece de servicios básicos como energía eléctrica, agua potable, disposición adecuada de los desechos y de aguas residuales. El proyecto minero contempla introducir este tipo de servicios lo que constituye un impacto positivo del mismo. Otro impacto positivo, será el movimiento de personas hacia la zona, lo que traerá un beneficio en cuanto a la derrama económica derivada de la contratación de personal y del incremento de bienes y servicios. En el Mineral de Dolores 50 personas constituyen la población económicamente activa y 113 la inactiva. La principal actividad productiva se relaciona con la agricultura de temporal, el comercio y la ganadería a baja escala.

III.2 Características climáticas

En promedio, la temperatura anual es 15.3° C y la precipitación anual de 613 mm, presentándose la temporada de lluvias en el verano, estación que es cálida por lo que el clima se considera templado subhúmedo y muy extremo. De acuerdo a la modificación de Enriqueta García al sistema de Köppen es del tipo C(w₀)(x')a(e'). La zona está fuera de la influencia de las tormentas y ciclones del Pacífico, presentándose los eventos climáticos más extremos en la época de frío cuando llega incluso a nevar.

Las estaciones climatológicas más cercanas al sitio del proyecto que tuvieron registros de validéz fueron La Guadalupe, Tres Ojitos, Campo 4, Madera y El Poleo, cuyas ubicaciones y distancias al proyecto minero se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV.1 Estaciones climatológicas cercanas al proyecto.

| Estación (nombre / número) | Latitud (N) | Longitud (W) | Altitud (m.s.n.m) | Distancia aprox. al sitio del proyecto |
|-------------------------------|-------------|--------------|----------------------|---|
| La Guadalupe / 26049* | 28° 58' | 108° 43' | 750 | 16.6 km |
| Tres Ojitos / 8146 | 28.9° | 108.5° | 2,600** | 11.6 km |
| Campo 4/ 8016 | 29.15° | 108.2° | 2,450** | 38.1 km |
| Madera / 8097 | 29.2° | 108.1° | 2,092** | 49.3 km |
| El Poleo / A3905*** | 28° 24' | 108° 28' | 2,300 | 66.5 km |

* Número de estación, datos, ubicación y altitud tomados del SICLIM.

** Altitud tomada del SICLIM; datos y ubicación proporcionados por la CNA.

*** Toda la información (incluyendo coordenadas) proporcionada por la CNA.

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Aspectos del medio natural y socioeconómico

Para definir el clima se utilizó la estación climatológica La Guadalupe. Se seleccionó esta estación como la más representativa del sitio del proyecto, por lo que se presentan los datos de temperatura y precipitación para esta estación.

Temperaturas extremas en la estación La Guadalupe.

| a) Temperatura mínima (°C), valor mínimo registrado por mes. | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mes | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic |
| Año | 1974 | 1985 | 1971 | 1969 | 1970 | 1988 | 1986 | 1982 | 1985 | 1970 | 1979 | 1978 |
| Temperatura | -10.0 | -8 | -3.5 | 2 | 3.5 | 12.5 | 16 | 11 | 8.5 | 2 | -4 | -5 |

| b) Temperatura máxima (°C), valor máximo registrado por mes. | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mes | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic |
| Año | 1971 | 1979 | 1979 | 1989 | 1989 | 1987 | 1987 | 1987 | 1987 | 1987 | 1988 | 1970 |
| Temperatura | 32.5 | 35.5 | 39.5 | 40 | 44 | 48 | 50 | 46.5 | 49.5 | 50 | 39 | 33 |

Precipitación medias mensuales y anuales en la estación La Guadalupe

| Estación | ene | feb | mar | abr | may | jun | jul | ago | sep | oct | nov | dic | anual |
|--------------|------|------|------|-----|-----|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| La Guadalupe | 34.7 | 25.7 | 15.0 | 6.2 | 4.4 | 42.2 | 182.1 | 144.1 | 65.5 | 34.4 | 23.5 | 34.0 | 613.0 |

Eventos de lluvia máxima en la estación La Guadalupe y su período de retorno.

| No. de evento | año | Lluvia máxima (mm) | Período de retorno (años) |
|---------------|------|--------------------|---------------------------|
| 1 | 1978 | 76 | 28.00 |
| 2 | 1986 | 74.00 | 14.00 |
| 3 | 1984 | 70.90 | 9.33 |
| 4 | 1964 | 63.00 | 7.00 |
| 5 | 1985 | 60.00 | 5.60 |
| 6 | 1967 | 59.20 | 4.67 |
| 7 | 1975 | 58.00 | 4.00 |
| 8 | 1961 | 56.00 | 3.50 |
| 9 | 1983 | 55.50 | 3.11 |
| 10 | 1972 | 55.40 | 2.80 |
| 11 | 1979 | 55.20 | 2.55 |
| 12 | 1974 | 54.20 | 2.33 |
| 13 | 1989 | 52.50 | 2.15 |
| 14 | 1987 | 51.00 | 2.00 |
| 15 | 1969 | 50.70 | 1.87 |
| 16 | 1968 | 49.20 | 1.75 |
| 17 | 1977 | 47.70 | 1.65 |
| 18 | 1973 | 46.50 | 1.56 |
| 19 | 1982 | 44.00 | 1.47 |

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Aspectos del medio natural y socioeconómico

| | | | |
|----|------|-------|------|
| 20 | 1970 | 43.20 | 1.40 |
| 21 | 1976 | 43.00 | 1.33 |
| 22 | 1971 | 42.40 | 1.27 |
| 23 | 1962 | 42.00 | 1.22 |
| 24 | 1980 | 40.20 | 1.17 |
| 25 | 1966 | 33.00 | 1.12 |
| 26 | 1981 | 31.20 | 1.08 |
| 27 | 1963 | 30.00 | 1.04 |

No se tuvieron datos disponibles para la zona del proyecto sobre dirección y velocidad de los vientos.

III.3 Intemperismos severos

¿Los sitios o áreas que conforman la ubicación del proyecto se encuentran en zonas susceptibles a:

Terremotos (sismicidad)

No

Corrimientos de tierra

No

Derrumbes o hundimientos

No

Inundaciones, Historial de diez años

No

Pérdidas de suelo debido a la erosión

Martínez y Fernández (1983), estimaron la variación espacial de la erosión en el país a través del cálculo de la relación entre la producción de sedimentos y el área de drenaje de sus diferentes subregiones hidrológicas. De esta forma, el área donde se encuentra el proyecto minero Dolores, está ubicada en la subregión 9, la cual está definida por una degradación de suelo del orden de 2 a 3 ton/ha/año, considerada como erosión leve.

Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos

No

Huracanes

No

IV. INTEGRACIÓN DEL PROYECTO A LAS POLÍTICAS MARCADAS EN LOS PROGRAMAS DE DESARROLLO URBANO

IV.1 Programa de Desarrollo Municipal

El Plan Municipal de Desarrollo de Madera 2001-2004 (PMDM), establece entre sus objetivos el reactivar la actividad económica para crear más empleo, impulsando las actividades productivas de los sectores agropecuarios, forestales, piscícolas, entre otros.

En materia de minería se propone buscar formas de aprovechamiento óptimo y racional del recurso mineral y brindar el apoyo para la exploración y explotación con el fin de incorporar yacimientos minerales al desarrollo económico. Buscando la organización de la pequeña minería.

Se menciona en el PMDM que uno de los problemas que afronta el sector agropecuario es el derivado por la sequía en los últimos años, lo que ha traído como consecuencia una considerable baja en el inventario ganadero, superficies sin sembrar e incendios forestales. Esto se ha traducido en un mínimo crecimiento económico del municipio por lo que se enfrenta un grave problema de desempleo.

El giro productivo más importante en el municipio lo constituyen los aserraderos y la poca o nula vocación de los productores agropecuarios en industrializar sus productos.

IV.2 Programa de Desarrollo Urbano Estatal

El Plan Estatal de Desarrollo del Estado de Chihuahua 2004-210 (PEDCH), plantea un nuevo modelo de desarrollo con una visión a largo plazo y que propicie el equilibrio entre las distintas regiones del estado, mediante el establecimiento de cadenas productivas, de distribución y financiamiento, con el objetivo de arraigar a la población en sus comunidades y promover tanto el crecimiento económico como el desarrollo regional.

Se dice en el PEDCH que el sector agropecuario y forestal contribuye de manera importante en el producto interno bruto (PIB) del estado, mientras que la industria maquiladora ha experimentado un descenso por la desaceleración económica de los Estados Unidos de América lo que ha provocado un exceso en la capacidad de producción de este sector con la consecuente disminución de empleos.

En cuanto a la minería, se destaca en el PEDCH que el estado de Chihuahua se destaca por su tradición minera. Se han otorgado a la fecha 2,765 concesiones mineras que abarcan una superficie de 1.3 millones de hectáreas.

Actualmente Chihuahua ocupa el primer lugar a nivel nacional en la producción de plomo con 65,000 ton, segundo lugar en zinc con 110,000 ton, tercer lugar en plata con 301 ton y décimo lugar en oro con 257 kg. Se menciona que tres grandes yacimientos de oro se consolidarán en el mediano plazo: Ocampo, Terrazas y Dolores, en los municipios de Ocampo, Chihuahua y Madera, respectivamente.

La gran minería se desarrolla actualmente en Naica, Santa Bárbara, Santa Eulalia, San Francisco del Oro, Ascensión, La Perla y El Sauzal.

IV.3 Plan Nacional de Desarrollo

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2001-2006 tiene como uno de sus objetivos rectores crear condiciones para un desarrollo sustentable, planteando un crecimiento con calidad, ecológicamente sustentable, que sea capaz de balancear la expansión económica y la reducción de la pobreza con la protección del ambiente.

De acuerdo al PND el crecimiento con calidad solo es posible si se considera responsablemente la necesaria interacción de los ámbitos económico y social con el medio ambiente y los recursos naturales. Se plantea la aplicación de nuevas tecnologías para la producción, así como políticas para inhibir el uso de técnicas y costumbres dañinas al medio ambiente. Los indicadores para evaluar los resultados obtenidos resultarán de la integración de información sobre el daño a la atmósfera, el consumo de energía, la pérdida de sistemas forestales y la tasa de conservación de acuíferos.

Por su parte el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006 (PNMARN) tiene como propósito principal satisfacer las expectativas de cambio de la población, construyendo una nueva política ambiental consistente con los grandes lineamientos del PND. Se destacan en el PNMARN el manejo integral de cuencas hidrológicas para propósitos de planeación y gestión ambiental.

Entre los programas estratégicos del PNMARN se plantean los siguientes:

- Detener y revertir la contaminación de los sistemas que sostienen la vida (agua, aire, suelos)
- Detener y revertir la pérdida de capital natural
- Conservar los ecosistemas y biodiversidad
- Promover el desarrollo sustentable

IV.4 Decretos y programas de manejo de Áreas Naturales Protegidas

Planes de ordenamiento ecológico del territorio

En el estado de Chihuahua 20 de los 67 municipios cuentan con algún tipo de estudio de ordenamiento ecológico, dentro de planes regionales. El Municipio de Madera no se ha incluido a la fecha en ningún Plan de este tipo. Los planes de ordenamiento ecológico en el estado de Chihuahua que se han elaborado y se encuentran todavía en revisión, por lo que no se han decretado oficialmente son:

Ordenamiento Ecológico de la Región Frontera Norte. Comprende los estados de la franja fronteriza. En Chihuahua abarca los municipios de Janos, Ascensión, Juárez, Guadalupe, Práxedes G. Guerrero, Ojinaga y Manuel Benavides.

Ordenamiento Ecológico de la Región de Parral. Comprende los municipios de Hidalgo del Parral, Santa Bárbara, San Francisco del Oro y Matamoros.

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Integración a las políticas de desarrollo urbano

Ordenamiento Ecológico Territorial del Área de Médanos de Samalayuca. Comprende el municipio de Juárez.

Ordenamiento Ecológico de Barranca del Cobre. Está ubicado en los municipios de Batopilas, Bocoyna, Guachochi, Chinipas, Maguarichi, Guazapares, Ocampo, Urique y Uruachi.

Áreas Naturales Protegidas

El proyecto Dolores no se encuentra dentro ni colinda con alguna área natural protegida. El área natural protegida más cercana es el Área de Protección de Flora y Fauna Tutuaca cuyo límite norte se localiza a aproximadamente 27 km al Sur del proyecto Dolores, y cruza por los municipios de Carichi, Bocoyna, Guerrero y Ocampo. Ver figura III.1.

Otras áreas naturales protegidas en la región del proyecto son El Área de Protección de Flora y Fauna Papigochi, cuyo vértice más cercano al proyecto está a aproximadamente 70 km al SE del mismo; El Parque Nacional Cascada de Basaseachic que está a 85 km al SE y La Mesa del Campanero, en el estado de Sonora, a 78 km al SW.

La Organización Naturalia en alianza con el grupo Norteamericano The Wildlands Project han emprendido el proyecto "Identificación de áreas prioritarias para la conservación, corredores y zonas de amortiguamiento en el norte de la Sierra Madre Occidental y las tierras adyacentes". Ambas organizaciones están trabajando para lograr la conservación de más de 32 áreas que sobresalen por su buen estado de conservación en el noroeste de Chihuahua. Uno de los proyectos concretos es el de Cebadilla que es uno de los pocos sitios que quedan para la crianza de la cotorra serrana occidental (*Rhynchopsitta pachyrhyncha*), se incluyen las localidades de Cebadillas y Yahuirachi, en el ejido Tutuaca, municipio de Temosachi, Chihuahua.

El desarrollo del proyecto Dolores no interferirá con los planes o programas de manejo de estas áreas naturales protegidas.

Regiones hidrológicas prioritarias

El área donde se desarrollará el proyecto Dolores cae dentro de la Región Hidrológica Prioritaria 016 Río Yaqui-Cascada de Basaseachic que abarca una extensión de 54,716 km² (Arriaga, et al, 1998). La problemática asociada a esta región hidrológica se deriva principalmente de lo siguiente:

- Modificación del entorno: construcción de presas y sistemas hidráulicos para control de avenidas, generación de energía eléctrica y riego, explotación forestal, sobrepastoreo y construcción de carreteras. Desmontes y desvío de corrientes. Desertificación en algunas zonas. Desarrollo turístico en la parte alta de la cascada de Bassaseachic.

- Contaminación: por abuso de agroquímicos en la planicie costera, desechos mineros en los altos, uso de herbicidas en campañas antinarcóticos, descargas domésticas y residuales.

- Uso de recursos: especies introducidas de carpa dorada *Carassius auratus*, matalote *Carpoides carpio*, lirio acuático *Eichhornia crassipes*, bagre azul *Ictalurus furcatus*, mojarra *Lepomis megalotis*, lobina negra *Micropterus salmoides*, trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*, tilapia azul *Oreochromis aureus* y rana *Rana catesbeiana*. Caza furtiva y extracción de leña.

Figura IV.1 Áreas Naturales protegidas en la región

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Integración a las políticas de desarrollo urbano

Por los criterios de diseño y operación de las obras y el polígono a afectar por el proyecto minero, no se considera que se contribuya a la afectación de esta región hidrológica prioritaria.

Regiones terrestres prioritarias

La CONABIO, PRONATURA y otros organismos internacionales para la conservación del medio ambiente, realizaron en 1996 y en 1999 talleres y reuniones para identificar regiones prioritarias terrestres en México, resultando en 151 regiones prioritarias. El proyecto minero Dolores no se localiza ni colinda con ninguna región terrestre prioritaria.

Una de las zonas propuestas en la región del proyecto es Bassasiachic, que abarca los municipios de Guerrero, Moris, Ocampo y Temosachi.

La región Bassasiachic se considera prioritaria debido a la existencia de bosques de coníferas y mesófilos, así como numerosos endemismos. Dentro de sus límites se localiza el Parque Nacional Cascadas de Bassasiachic, cuya caída de agua es la de mayor altura en México.

V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

V.1 Bases de diseño

El proyecto minero Dolores será un desarrollo minero que explotará un yacimiento de oro a tajo abierto, con lixiviación cianurada en montones y recuperación de los valores mediante el proceso de precipitación con zinc (Merrill-Crowe). El mineral extraído del tajo será previamente triturado antes de depositarse en los patios de lixiviación.

La capacidad de producción de la planta de beneficio se estima entre 18,000 y 25,000 toneladas secas métricas por día, es decir 6,480,000 a 9.000.000 toneladas secas métricas por año. Existe una reserva aproximada de 68.632.000 toneladas métricas secas de mineral para proporcionar una vida operativa de la mina de 10.5 a 13.5 años. Unificando las etapas del proyecto, se tendrá una vida útil aproximada de 15.5 a 18.5 años. Considerando 1.5 años de diseño y construcción, 10.5 a 13.5 años de operación, 1.5 años de lixiviación residual y 2 años de restauración.

Todas las áreas donde se manejen sustancias y soluciones de proceso estarán impermeabilizadas con al menos una membrana de polietileno de baja densidad (LLDPE) de 80 o 60 milésimas de pulgada, lo que disminuye la posibilidad de infiltraciones al subsuelo.

Los criterios de diseño para el proyecto minero Dolores se establecieron por la empresa M3 Engineering & Technology Corp., en el estudio de factibilidad "Dolores Feasibility Study" y por las empresas Golder Associates Inc. y Kapes, Cassidy & Associates que realizaron ajustes al plan de minado y al arreglo de las instalaciones de proceso.

V.1.1 Proyecto civil

Tajo

El diseño del tajo se realizó con base en evaluaciones geológicas y geotécnicas del sitio. Las investigaciones de campo incluyeron obras de exploración, mapeo de discontinuidades y cortes para investigar la masa rocosa y las condiciones de la estructura en lo que serán las paredes noroeste y suroeste del tajo. Por lo abrupto de la topografía y para facilitar el acceso y maniobras de la maquinaria, se requerirá la construcción de caminos desde la etapa de preparación del sitio. Previo al minado se realizarán trabajos de desmonte y despalme del terreno. Los desmontes se irán realizando gradualmente de acuerdo al programa de explotación del tajo. El tajo minero ocupará 96.5 ha en su etapa final, de las cuales 47.40 ha ya presentan disturbios de acuerdo al análisis de vegetación realizado.

El diseño del tajo está basado en un estudio de estabilidad de taludes realizado por la empresa consultora Golder Associates Inc. El tajo se desarrollará en una serie de expansiones hacia afuera. La vía de acceso será una rampa sencilla que entrará al tajo donde el arroyo Chabacán intercepta la pared este-central y sigue en un corredor estrecho entre las áreas norte y sur del tajo. El tajo final tendrá una dimensión aproximada de 2,000 metros de largo en dirección N30° W, con un ancho aproximado de 730 m en el extremo sur y 500 m en el extremo norte y una sección central que se estrecha a aproximadamente 400 m. La altura general de la pared del tajo será de 535 m donde la cresta corta la topografía próxima a los cerros "Twins", mientras que en el extremo sur del tajo la altura estará en el rango de 200 a 359 m y en el extremo norte la altura de la pared será de 200 a 359 m, excepto donde la topografía baja precipitadamente hacia el arroyo Chabacán donde la altura

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Descripción del proceso

de la pared disminuye a aproximadamente 120 m. La elevación del piso del tajo es de 1325 m en el extremo norte del tajo y de 1215 en el extremo sur.

Terrerros

Se asignarán varios sitios para depositar el material estéril que se irá generando por el desarrollo de la mina. Parte del material estéril se utilizará para la construcción de caminos y el resto se irá depositando sobre el terreno natural sin realizar obras de preparación importantes, con excepción de algunos desmontes y despalmes del terreno sobre todo en zonas que lo requieran para mejorar la estabilidad del terreno. Los terreros ocuparán una superficie total de 252.78 ha en la fase final de la mina, de los cuales 93.08 ha se encuentran ya perturbadas.

Aproximadamente 268 millones de toneladas de material estéril será generado en toda la vida de la mina, que serán distribuidos en cuatro terreros, caminos y rampas y relleno parcial del tajo. Los terreros se irán conformando sobre el talud o pendiente natural del terreno, con varios bancos y banquetas que permitan alcanzar fácilmente un talud general de 2.5H:1V, esto es un ángulo aproximado de 22°. La parte superior del terrero será suavizada de tal forma que los escurrimientos pluviales fluyan sin causar erosión y sin crear estancamientos sobre el terrero. Este arreglo final favorecerá el establecimiento de la vegetación en la etapa de restauración. Se estima que a lo mucho un 17.9% del material estéril será potencialmente generador de ácido por lo que se tendrá cuidado de que este material quede cubierto o mezclado por el material inerte, de tal forma que no este expuesto a procesos erosivos y de disolución por lluvias.

La figura V.1 muestra las etapas de desarrollo del tajo y terreros durante la vida de la mina.

Planta de trituración

El terreno donde se instalará la planta trituradora requerirá primeramente de cortes y compactaciones importantes en el terreno, que nivelarán el piso y proveerán del soporte suficiente a los equipos de trituración.

La pared que soportará la quebradora primaria en el punto donde los camiones descargarán el mineral, será un corte vertical en el terreno natural de aproximadamente 15 y 25 metros. Esta pared estará reforzada y detenida por la estructura de concreto y acero de la trituradora primaria, para evitar cualquier inestabilidad o falla del terreno durante las maniobras de descarga del mineral. Todas las estructuras de concreto y de acero que conforman la planta trituradora estarán recubiertas de placas resistentes a la abrasión en los puntos de mayor desgaste por el roce del material.

El mineral extraído del tajo se depositará en un apilamiento de 20,000 a 30,000 toneladas. Desde donde se transporta con cargador frontal a la trituradora primaria y secundaria. Después de la trituradora primaria y secundaria el material se depositará en un apilamiento de aprox. 20,000 ton. Debajo de este apilamiento se construirá un túnel de reclamo desde donde se transportará por bandas a la trituradora terciaria. El producto final será transportado por bandas al sistema de apilamiento del patio de lixiviación.

El arreglo general de la planta de trituración se aprecia en la La figura V.3 que representa el arreglo general de la planta de proceso e instalaciones de servicio.

Figura V.1 Etapas de desarrollo del tajo y terreros

Patio de lixiviación

Los trabajos de preparación del sitio consistirán de un desmonte total del terreno y descapote del mismo, seguido de trabajos de cortes y rellenos de acuerdo a un plan de nivelación del terreno, previo a la instalación del sistema de impermeabilización del patio, que permita obtener una pendiente máxima global de 2H:1V y una pendiente local de 1.5H:1V en conjunto con bancos de 5 m de ancho en el apilamiento de mineral. Los desmontes y despalmes se realizarán por etapas de acuerdo al plan de crecimiento del patio de lixiviación. El patio de lixiviación ocupará un total de 98,97 ha en su etapa final de las cuales 19.08 ha presentan afectación previa a la vegetación natural.

El diseño del patio de lixiviación se basó en el estudio realizado por Golder Associates Inc, por lo que las siguientes descripciones se tomaron de dicho estudio. El patio de lixiviación será del tipo de relleno de valle (valley fill) y consistirá de un terraplén de relleno, un sistema de doble impermeabilización (membrana plástica y arcilla). Se construirá un sistema de piletas externas impermeabilizada con capacidad para contener el evento máximo de lluvia en 24 horas, 100 años de periodo de retorno, así como el inventario de soluciones y volumen de drenado del patio. El arreglo final del patio cubrirá una superficie aproximada de 1 millón de metros cuadrados, que se desarrollará en cuatro fases. El patio se diseñará de tal forma que el mineral pueda apilarse hasta una altura aproximada de 160 m con pendiente general de sus taludes de 2.5H:1V. El arreglo del patio de lixiviación se muestra en la figura V.2.

Las primeras 8 capas de mineral serán de 15 m de alto y las siguientes 14 capas serán de 10 m de alto. Esto resultará en una altura promedio de 44 m y la máxima profundidad del apilamiento de mineral será de 160 m. El patio tendrá capacidad para almacenar 75 to 81 millones de toneladas métricas de mineral.

El diseño del patio se soportó con análisis de estabilidad de taludes, el cual consideró cuatro tipos de falla potencial:

1. Falla circular general con falla crítica a través de la cresta y la base
2. Falla circular local con falla crítica a través del apilamiento
3. Falla de bloque general (no circular) con la superficie de falla crítica a lo largo de la línea entre capas
4. Falla de bloque local (no circular) con la superficie de falla crítica a lo largo de línea entre capas.

También se evaluó los efectos del asentamiento del material como resultado de la altura de 160 m que alcanzará el apilamiento. El análisis mostró un asentamiento máximo de 1.18 m que ocasionaría un estiramiento de la membrana de aproximadamente 0.24 % lo cual está debajo del 13 % que soporta una membrana plástica de 80 mil, como la que se instalará en los patios.

Figura V.2 Arreglo del patio de lixiviación

El patio de lixiviación se conformará por las siguientes obras:

- Una superficie impermeabilizada de aproximadamente 1, 037,000 m². Se instalará un sistema de membrana compuesta que consistirá de las siguientes capas de abajo hacia arriba:
 1. Terreno nivelado y compactado
 2. Capa de arcilla o membrana sintética de arcilla
 3. Membrana de polietileno de baja densidad linear (LLDPE) de 80 milésimas de pulgada.
 4. Capa de al menos .6 m de alto de material de drenado en las trayectorias de drenaje y sobre la tubería de colección de soluciones de proceso.
- Una sistema de piletas externas con capacidad para contener el flujo resultante de un año húmedo, mas el evento máximo de lluvia en 100 años-24 horas y el drenado de las soluciones del patio en caso de una falla en bombeo por 48 horas.

El sistema de piletas se conformará de:

Una pileta de proceso de 68,900 m³ de capacidad, esto es 54,384 m³ de almacenamiento de operación y 2, 604 m³ de almacenamiento muerto considerando 0.3 m de bordo libre en la pileta.

Dos piletas de almacenamiento de agua, una a construir en la fase 1-2 de construcción del patio de lixiviación, de 213,000 m² y la otra en la fase 3-4 del patio, de 166,000 m³. Estas piletas se diseñaron para contener el exceso de soluciones de proceso, los escurrimientos por lluvia y la tormenta máxima en 24 horas-100 años.

El sistema de impermeabilización de las piletas consistirá de lo siguiente:

1. Terreno nivelado y compactado
2. Membrana plástica secundaria de polietileno de alta densidad de 60 milésimas de pulgadas (60 mil HDPE).
3. Geonet (sistema de colección y recuperación de fugas), similar al descrito para la pileta interna.
4. Membrana de polietileno de alta densidad (HDPE), de 60 mil.

Algunos otros criterios de diseño del patio serán:

- Se construirán obras de desviación de aguas meteóricas con capacidad para una tormenta de 100 años-24 horas, en el perímetro del patio y piletas.
- Se construirá un camino alrededor del perímetro del patio.
- Se instalará un sistema de detección de fuga entre la doble membrana impermeable de las piletas de proceso.
- La solución rica de patios fluirá a la pileta de proceso a través de una de las tres tuberías grandes que viene del patio de lixiviación. La pileta de proceso tendrá un sistema dual para bombeo de las soluciones hacia la planta Merrill-Crowe.
- Se construirá un vertedor impermeabilizado con concreto y anclado a la capa impermeable de las piletas, para pasar flujo de soluciones de una pileta a la otra.

Planta de proceso

El área de proceso estará contigua y en un nivel mas bajo que la planta de trituración. Por lo abrupto de la topografía en esta zona se requerirán importantes obras de relleno para conformar la plataforma donde se asentarán las instalaciones de proceso.

La nave de proceso ocupará una área aproximada de 48 m X 30 m. y abrigará todas las instalaciones de la planta Merrill-Crowe (MC) que incluye clarificadores, filtros de precipitación, horno de retorta y horno de fundición. Toda la planta estará cercada con malla ciclónica y dispositivos de seguridad. En la mayoría de las áreas existirá un techo de protección contra la lluvia. Cercano a la nave industrial se construirá el área para el tanque de solución pobre, así como el área para almacenar y preparar las sustancias químicas para el proceso, como el *cianuro de sodio*. Estas áreas estarán cercadas con malla ciclónica y contarán con piso de concreto y cárcamos para contención de posibles derrames. La solución rica de patios se recibirá en la pileta de proceso, para de ahí enviarla a la planta MC y en el tanque de solución pobre se recibirá la solución que saldrá de la planta después del proceso de recuperación. Las tuberías de solución rica y pobre que conectan esta área con los patios, estarán colocadas sobre un canal impermeabilizado. También cualquier tubería que conecte esta área con la planta MC estará sobre terreno impermeabilizado y con contención en caso de derrames.

La figura V.3 muestra el arreglo general del área de proceso e instalaciones de servicio y un acercamiento al área de la planta MC se muestra en la figura V.4.

Toda las áreas donde se manejen soluciones de proceso, sustancias y la escoria de fundición, estarán sobre terreno compactado con piso de cemento, de 0.2 a 0.3 m de espesor promedio. Las áreas de proceso contarán con varios cárcamos y bombas para contener posibles derrames de soluciones y regresarlos al proceso.

Figura V.3 Arreglo general del área de proceso e instalaciones de servicio

Figura V.4 Area de la planta Merrill Crowe

Obras de apoyo

Obras de control de avenidas y desviación de aguas superficiales

Se planea construir un terraplén o bordo de contención sobre el arroyo Chabacán, aguas arriba de donde se proyecta el desarrollo del tajo, para conformar el represo Chabacán. Esta obra tendrá el propósito de regular el volumen de agua superficial hacia la zona del tajo, así como para almacenar agua durante las lluvias para abastecer parte del requerimiento de agua de las operaciones mineras.

El represo Chabacán tendrá una capacidad aproximada de 1 millón de metros cúbicos estará conformado por un terraplén de 6 m de ancho en la parte superior a una elevación de 1,560 msnm. El ángulo de talud corriente arriba será de 3H:1V y de 2.5H:1V corriente abajo. El bordo tendrá una altura de 39 m de la cresta a la base del talud exterior (corriente abajo).

Se anticipa que todo el material a utilizar en el bordo provendrá de la etapa de preproducción de la mina. En el Anexo VI de la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto minero Dolores, se incluye el reporte detallado sobre el diseño del represo Chabacán.

Dado que el curso principal de los escurrimientos superficiales se verá interrumpido por la construcción del patio de lixiviación y las instalaciones de proceso, se diseñaron obras de desviación de escurrimientos alrededor de estas áreas consistentes en canales y alcantarillas. Las dimensiones de las obras se basaron en flujos esperados en un evento extraordinario de lluvia en 100 años-24 horas. En las figuras V.3 y V.5 se aprecia la trayectoria general que tendrán los canales de desviación de aguas meteóricas durante y al finalizar las operaciones mineras.

En el Anexo VI de la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto minero Dolores, se presenta un reporte de la empresa Golder Associate Inc., que describe la metodología y características de diseño de las obras hidráulicas.

Taller/almacén/laboratorio/oficinas

Se diseñó un edificio o nave de acero de dos pisos donde se alojará el taller, almacén, oficinas administrativas y laboratorio. La localización general de este edificio se muestra en la figura V.3.

La planta baja del edificio será de aproximadamente 106 m x 48 m y alojará el taller de mina, el almacén general, el laboratorio y las oficinas de seguridad y protección industrial. El almacén ocupará 1,200 m² y el laboratorio y las oficinas de seguridad ocuparán 750 m².

La zona del taller tendrá grúas aéreas para dar servicio a la flotilla de la mina y tendrá el espacio suficiente para acomodar la flotilla de maquinaria de la mina. Dentro del taller se asignará un área exclusiva para reparación de vehículos menores. La instalación incluye un área de almacén para materiales, así como oficinas, baños, cuarto de herramientas y cuarto de entrenamiento. Se incluirán en el taller algunas áreas o secciones con acero o concreto empotrado en el suelo, que serán utilizados para reparar y dar mantenimiento a equipo rodado. Adyacente al taller se construirá un área para lavado y limpieza de vehículos.

Figura V.5 Obras de desviación de aguas superficiales

Todos los suministros para la operación minera, con excepción de los reactivos para el proceso, serán recibidos, almacenados y distribuidos en este edificio. Adyacente al almacén se tendrá un área cercada donde se colocarán artículos muy grandes y materiales a granel que puedan resistir la exposición al ambiente.

El laboratorio estará en un área aislada en la planta baja de este edificio. El laboratorio estará equipado para realizar varias pruebas metalúrgicas. Todos los cuartos estarán equipados con campanas de extracción, ventiladores y dispositivos que garanticen el adecuado manejo de las sustancias manejadas en el sitio; así como para remover cualquier agente nocivo. Todos los residuos líquidos que se generen serán descargados en el patio de lixiviación. Los residuos sólidos como la escoria, crisoles y copelas serán colectados y dispuestos como residuos peligrosos en un sitio autorizado.

En el segundo piso de este edificio se establecerán las oficinas administrativas, que tendrán espacio para el gerente general, gerente de mina, personal de administración, recursos humanos, contabilidad, operación y mantenimiento del tajo, operación y mantenimiento de la planta de proceso, servicios técnicos y ambientales. En este piso se equipará un área de comedor para los empleados, y otra área para entrenamiento. En esta área también se alojará el personal de enfermería. El arreglo particular de estas instalaciones se presenta en las figuras V.6 y V.6b

Adyacente al taller se construirá un área exclusiva para lavado de camiones. El área contará con piso de cemento, cárcamos para colección y bombeo de aguas de desecho y fosa separadora de aceites y grasas. El arreglo general de ésta área se aprecia en la figura V.7.

Almacén de explosivos

El almacén de explosivos será construido a aproximadamente un km en línea recta, al Este de la planta de proceso, a un costado del camino de acceso. Ver figura II.1 que muestra el arreglo general de las obras mineras. Se construirán dos edificios, uno para el material explosivo y otro para los dispositivos detonadores y accesorios, se instalarán también tres silos para el almacenamiento de nitrato de amonía (ANFO). El área estará cercada y se construirá en total apego a las especificaciones que establece la Ley de Armas de Fuego y Explosivos.

Almacén de residuos peligrosos

Se asignará al menos un sitio dentro de las instalaciones mineras para almacenar residuos peligrosos. Uno de ellos se propone localizar junto al almacén de suministros que se ubicará a un costado del edificio del taller. Ver figura V.3.

El almacén de residuos peligrosos contará con piso de cemento y cárcamos para colección de derrames o fugas, cerco de malla ciclónica y acceso controlado y cumplirá con las especificaciones que marca el Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos (Art. 14, 15)..

Figura V.6 Arreglo del taller, almacén y laboratorio

Figura V.6b Arreglo de las oficinas

Figura V.7 Arreglo del área de lavado de camiones

Almacén de combustibles

A un costado del taller, se construirá un área adecuada para el almacenamiento y abastecimiento de combustible (diesel y gasolina). El diseño de esta área considera la impermeabilización y doble contención para en caso de derrames de combustible. La localización general del almacén de combustibles se muestra en la figura V.3. El arreglo particular de este almacén se presenta en la figura V.8.

Un tanque de gas propano de 38,000 litros se instalará a un costado de la planta Merrill-Crowe. También otro tanque de 7,560 litros, se instalará cerca del taller, para uso en el laboratorio de metalurgia, calefacción y calentamiento de agua. Ver figuras V.3 y V.4.

Sistema de abastecimiento de agua

El agua para el proceso será abastecida por tubería desde una galería filtrante en el río Tutuaca, a aproximadamente 6 km de distancia; y del represo Chabacan, cuando haya disponibilidad, para reducir los costos de bombeo del río Tutuaca. Se instalará un tanque elevado a donde llegarán las tuberías del río y del represo, y desde el cual se surtirá el agua para las diferentes áreas operativas. La figura V.3 indica la red de distribución del agua en las instalaciones mineras.

También se aprovechará el agua acumulada en un cárcamo de colección dentro del tajo para el riego de caminos.

Relleno sanitario

Se asignará un sitio para la disposición de residuos sólidos no tóxicos, al SW del área de taller y oficina. Ver figura V.3. El área cumplirá con las especificaciones que establece la NOM-083-SEMARNAT-2003 para este tipo de sitios.

Fosas sépticas

Se construirán tres fosas sépticas. dos cercanas al área de taller y oficinas y otra en el áreas de planta. Ver figura V.3 . El sistema cumplirá con todas las especificaciones que establezca la normatividad vigente. En algunas áreas de la mina se instalarán sanitarios portátiles.

Figura V.8 Arreglo del almacén de combustibles

Subestación eléctrica

Inicialmente la energía se producirá a través de una sistema de 5 generadores diesel con capacidad de 9 Mwatt de potencia que proveerá a la subestación. Eventualmente la energía se podrá suministrar por medio de línea de energía eléctrica que se traerá desde la subestación en Nicolas de Bravo en el municipio de Madera o desde Yepachic en el municipio de Temosachi.

Se construirá una subestación principal de 42 mX 40 m, en las instalaciones mineras donde terminará la Línea de Subtransmisión de 115 Kv que viene de Nicolas Bravo. La subestación consistirá de 2 transformadores de 7.5/10 MVA y 15/115 Kv estará ubicada a un costado de la planta Merrill-Crowe. Ver figura V.3. De esta subestación partirán las líneas de distribución de energía eléctrica a las diferentes áreas de operación de la mina. Ver fig. V.9 para el arreglo de la subestación eléctrica.

V.1.2 Proyecto mecánico

En el Anexo II se presenta una lista de los principales equipos a utilizar en el proceso, sus características de diseño y planos de construcción de algunos de los tanques. Los equipos de esta lista se identifican mediante códigos que aparecen en los diagramas de flujo y en los arreglos de las diferentes instalaciones mineras de la sección V.2.

V.1.3 Proyecto eléctrico

Se contará con una subestación eléctrica principal dentro de las instalaciones mineras, de la cual partirán los ramales de distribución de energía eléctrica a las diferentes áreas de operación. La figura V.10 es el diagrama eléctrico general que muestra los dispositivos con que contará el circuito general.

V.1.4 Proyecto sistema contra-incendio

Las diferentes instalaciones contarán con dispositivos adecuados para el combate a incendios tales como extinguidores de polvo químico seco (de 6 a 9 kg y de 50 kg) y extinguidores de CO₂ (de 4.5 kg), según el área y tipo de incendio que se puede presentar. En las figuras V.4, V.6, V.7, V.8, V.9, V.10 y V.16 se indica la localización preliminar de los extinguidores en las diferentes areas operativas y de trabajo. La ubicación de estos dispositivos se deberá revisar de acuerdo a lo que establece la norma NOM-002-STPS-1994.

Además del sistema de extinguidores la empresa contará con un tanque de agua elevado de 1,800 m³ de capacidad del cual se originará un ramal de tuberías con hidrantes que suministrará agua a todas las areas de proceso y de servicios. Ver fgura V.3 y V.4. Se contará también con un carro-tanque de agua para el riego de áreas y el cual contará con una bomba a presión para el caso de incendios.

La capacitación y entrenamiento de todo el personal, en la prevención y combate a incendios, es una de las acciones mas importantes a realizar por parte de la empresa. Se destaca también la implementación de un programa de supervisión permanente en todas las instalaciones operativas para asegurar que los dispositivos de combate a incendios se encuentran en buenas condiciones y sobre todo para verificar que las áreas de trabajo, maquinaria y equipo no presenten condiciones de riesgo que puedan provocar un incendio.

Figura V.9 Arreglo de la subestación eléctrica

Figura V.10 Diagrama eléctrico general

V.2 Descripción detallada del proceso

El mineral se extraerá a tajo abierto, utilizando explosivos para su fragmentación. El proceso de beneficio se inicia con la trituración de la roca extraída del tajo la cual se someterá a lixiviación con soluciones de cianuro, seguido de la precipitación con zinc y fundición para obtención de doré.

V.2.1 Minado

Una vez que las actividades de exploración en el sitio permiten definir la ubicación del yacimiento minero, la siguiente fase es realizar barrenaciones adicionales y estudios geotécnicos para definir el plan de minado que contemplará el desarrollo de obras estables durante la extracción del mineral y el material estéril.

Con base en los mapas del yacimiento y el plan de minado, se diseñan las voladuras (distribución y espaciamiento de los barrenos para explosivos), con lo que permitirá fracturar la roca para ser extraída mediante maquinaria pesada como cargadores frontales y pala hidráulica y será transportada mediante camiones hidráulicos de 100 a 185 Ton a la zona de trituración, donde inicia el proceso de beneficio del mineral.

Otras maniobras que se requieren realizar a la par con la extracción y acarreo de la roca, son la conformación adecuada y mantenimiento de bancos y banquetas que irán conformando los taludes del tajo, así como las bermas de protección, riego y mantenimiento de caminos de servicio dentro y fuera del área de minado. Para estas maniobras de apoyo se utilizan retroexcavadoras, cargadores frontales y carro tanques de agua.

El material estéril o tepetate será transportado, en las primeras fases, hacia áreas que requieren rellenos y para construcción de rampas y caminos de acceso, y posteriormente hacia las diferentes zonas asignadas para terreros. También se planea utilizar la roca estéril para relleno parcial del tajo minero.

Se estima que aproximadamente 33.6 millones de toneladas del material, principalmente andesita, será depositado dentro del tajo minero, el cual se espera se convierta en un lago en la etapa de abandono.

El minado durará un período de 9 a 11.5 años y se estima que serán extraídas 70 to 79 millones de toneladas de roca mineral y 268 millones de toneladas de tepetate en toda la vida de la mina, esto se traduce en una razón promedio de descapote de 3.3:1 to 3.7:1 (tepetate: mineral).

Las toneladas de mineral que se colocarán en el patio de lixiviación cada año permitirán la recuperación de 125,000 a 160,000 onzas de oro y 4,600,000 ta 6,000,000 onzas de plata anuales.

Desagüe del tajo

A medida que se avanza en la explotación del tajo, a partir de la etapa 2, se requerirá mantener secas las áreas de trabajo por lo que será necesario operar un sistema de bombeo para extraer el agua que entrará a la zona del tajo como resultado del flujo de agua subterránea y de los escurrimientos superficiales. El agua a extraer del tajo será utilizada

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Descripción del proceso

para las operaciones mineras y los excedentes serán descargados en lagunas de retención adecuadamente diseñadas en el terrero Este, donde se espera el agua filtre.

Como ya se mencionó es posible que en el largo plazo, parte del tajo minero se convierta en un lago después del abandono de la mina. Golder Associates Inc. realizó una modelación para predecir la calidad del agua del tajo en la etapa de abandono de la mina. De acuerdo a este modelo el tajo tendrá un flujo de agua neto entre 1.73 y 1.83 millones de m³ una vez hecho el balance entre influjo y pérdidas por infiltración y evaporación. Se estima que el tajo se llenará hasta el máximo punto de vertido, el nivel 1,465 msnm, hasta 30 años después del fin de minado. A partir de entonces el tajo derramará agua al entorno durante la época de lluvias.

Golder Associates Inc. realizó una evaluación, utilizando el modelo PHREEQC versión 2.8, para estimar la calidad del agua del tajo, basado en las pruebas de caracterización geoquímica realizadas en muestras de barrenos, de las diferentes secciones del tajo, y en datos disponibles de la calidad del agua subterránea y superficial. Con base en esto el peor escenario muestra un agua con pH de 4.7 y los niveles de metales sin exceder los límites de la norma de descarga NOM-001-SEMARNAT-1996, por lo que se nombra como un agua de "riesgo moderado". Mientras que el mejor escenario muestra un agua con pH de 7, con niveles de metales por debajo de la norma de descarga, llamándole agua de "muy bajo riesgo". Una traducción del reporte de Golder sobre la referida modelación se presenta en el Anexo III de este documento.

Los resultados de esta modelación fueron revisados en forma preliminar debido a la variante que propuso recientemente la empresa de rellenar parcialmente el tajo minero con material estéril. Golder concluye de esta revisión preliminar que no se dan cambios apreciables en la calidad del agua del tajo con respecto a lo que ya se había estimado sin considerar el relleno parcial del tajo. Sin embargo recomienda que para una mejor idea del impacto real sobre la calidad del agua, se revise el balance de agua lo que permitirá alimentar al modelo con datos más acertados.

Control de aguas pluviales

Para evitar que el flujo del arroyo Chabacan entre al área del tajo, se construirá un bordo de contención aguas arriba del tajo lo que conformará un represo para almacenar agua meteórica que podrá ser utilizada para varios propósitos en las operaciones mineras como son el riego de caminos, planta de proceso, lavado de camiones, etc. Se espera que la vida de este represo sea de aproximadamente 12 años después de los cuales se adecuará el bordo para permitir el paso del agua hacia el tajo abierto que habrá concluido su explotación para entonces, siendo esta parte de las medidas a tomar para la fase de restauración del tajo minero.

A lo largo de las operaciones mineras se requerirá del funcionamiento de diferentes canales o alcantarillas para desviar los escurrimientos pluviales de las obras mineras, principalmente en la zona de tajo, patio de lixiviación, pileta y planta de proceso. Ver figura V.1. En el Anexo VI de la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto minero Dolores, se describen las obras de desviación de aguas pluviales.

Caracterización del material estéril

Para conocer los posibles impactos al ambiente por la exposición de la roca estéril y establecer un plan de manejo adecuado para su disposición final, se realizaron pruebas de

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Descripción del proceso

caracterización geoquímica a muestras representativas de este material, como son las pruebas de contabilidad ácido base (ABA), pruebas de celdas húmedas y pruebas de toxicidad (TCLP) equivalente a la prueba PECT de la norma NOM-052-SEMARNAT-1993. En general los resultados mostraron que la mayor parte del material estéril no expone riesgo de contaminación química al entorno, aunque si hubo cierto tipo de roca, que representa no mas 17.9% del total a producir, que mostró condiciones propicias para generar ácido. En el anexo IV de este documento se presenta con mas detalle los resultados de estas evaluaciones.

V.2.2 Trituración

La planta trituradora tendrá una capacidad de diseño para procesar hasta 18,000 a 25,000 ton/día de mineral.

Trituración primaria.

Una trituradora primaria del tipo quijada reducirá la granulometría del mineral a 112 mm. El mineral será acarreado en camiones diésel de 100 a 185 ton, desde la mina hasta la trituradora donde se vaciará directamente en la tolva receptora, utilizando como apoyo un cargador frontal para alimentar el material según las necesidades de producción.

Se instalará un quebrador de roca operado hidráulicamente en la tolva receptora. El mineral triturado será descargado en una banda alimentadora que descargará a su vez en una banda transportadora en la cual se instalará un imán eléctrico para separar piezas metálicas, así como una balanza para registrar la cantidad de mineral triturado.

El mineral triturado se depositará en un apilamiento de "gruesos" desde donde será transportado mediante una banda, para alimentar a la trituradora terciaria. El apilamiento de gruesos alojará un máximo de 20,000 ton.

En esta etapa de la trituración se instalará un colector de polvos y un abanico extractor para mitigar las emisiones en el entorno laboral y ambiental. También se tendrá un compresor de aire con recibidor para el mantenimiento del área.

La figura V.11 muestra el diagrama de flujo de la trituración primaria.

Figura V.11 Diagrama de flujo de Trituración Primaria.

Trituración secundaria y terciaria

El mineral proveniente del apilamiento de gruesos se alimenta a una criba secundaria, desde donde el material que no pasa esta criba se descarga a la trituradora secundaria de conos para juntarse con las descargas de la criba secundaria y la trituradora terciaria para alimentar la tolva de la criba terciaria.

La tolva de la criba terciaria descargará a tres bandas alimentadoras, cada una de las cuales descarga a la criba terciaria. Las cribas serán del tipo vibratorio de inclinación múltiple. El material que no pasa las cribas terciarias se pasa por medio de una banda de transferencia a la tolva de la trituradora terciaria. La descarga de esta tolva pasa mediante dos bandas alimentadoras a la trituradora terciaria, de conos, con lo que se completa el circuito de trituración. La descarga de la trituradora terciaria se mezcla con la descarga de la trituradora secundaria y la descarga de la criba secundaria, y todo se regresa a la trituradora terciaria para completar el circuito cerrado.

El material que se produce en la trituradora terciaria se descargará a una banda de transferencia en donde se le adicionará cal para el control del pH antes de depositarse en el apilamiento de finos. En la banda de transferencia se instalará una báscula para los controles de la contabilidad metalúrgica.

Del apilamiento de finos, el mineral será transferido por alimentadores vibratorios a una banda localizada abajo del apilamiento que transportará el mineral hasta el patio de lixiviación por medio de bandas portátiles y un sistema de apilamiento del mineral.

En esta etapa de trituración también se tendrán controles para las emisiones de polvo consistentes de equipos de colección, supresión y contención. En las áreas de cribado se instalará un colector de polvo y abanico extractor, mientras que los sistemas de supresión se aplicarán en la trituración primaria, apilamiento de gruesos y apilamiento de finos.

Todas las áreas de trituración contarán con aire comprimido para mantenimiento.

La figura V.12 Muestra el diagrama de flujo de la etapa de trituración secundaria y terciaria.

Figura V.12 Diagrama de flujo de Trituración Secundaria y Terciaria.

V.2.3 Lixiviación

El mineral triturado será transportado por bandas y apilado usando un sistema de bandas portátiles sobre el patio impermeabilizado donde se someterá al riego con soluciones cianuradas. El mineral se irá colocando por medio de bandas y distribuido por medio de tractores. El mineral se distribuirá en capas de 10 m de altura, se colocarán un total de 16 capas por lo que la altura final del apilamiento será de 160 m. La pendiente final en la periferia del patio será de 2.5H:1V.

Sobre la base del patio, por encima de la membrana impermeable se colocará una capa de mineral triturado con tuberías perforadas para formar el sistema de drenaje donde se colectará y recuperará la solución rica y para reducir la cabeza hidrostática de las soluciones sobre la membrana plástica.

Las solución rica que drene del patio de lixiviación se descargará en la pileta de proceso desde donde se enviará a la planta Merrill-Crowe. Las características de calidad que se esperan en las soluciones lixiviantes se muestran en la tabla V.1. Un segundo sistema de piletas (1-2) se construirá con doble membrana plástica. Este sistema de piletas tendrá capacidad suficiente para contener el máximo evento de lluvias en 100 años-24 horas, mas el volumen que pueda drenar de los patios por 48 horas en caso de una falla en el sistema de bombeo. Un tercer sistema de piletas (3-4) será construido para asegurar suficiente capacidad de contención cuando las fases 3 y 4 del patio sean construidas y entren en producción. La figura V.13 muestra el diagrama de flujo de la lixiviación.

Sobre cada capa de mineral se aplicarán, mediante riego por goteo, un promedio de 6.72l/hr/m² de solución pobre, que estará acondicionada a un pH entre 10.5 y 11 y una concentración de cianuro de 500 ppm. El riego para la extracción primaria de mineral durará 150 días y se estima que 3,750,000 ton de mineral estarán bajo lixiviación primaria en la capa que está siendo sujeta a riego. Las capas que se encuentren por debajo de la capa sujeta a riego serán lixiviadas en forma secundaria, terciaria, etc. según sea el número de capa de que se trate.

El sistema de riego será mediante goteo enterrado para evitar pérdidas por evaporación y reducir los estancamientos de agua en la superficie. Cada tres días se colocarán 75,000 ton de mineral nuevo para lo que se tendrá un área de irrigación de 4,685 m²

La configuración del patio permitirá la colocación de 16 capas de 10 metros de altura. La altura promedio del mineral en todo el patio será de aproximadamente 44 metros y la máxima altura será de aproximadamente 160 m. Considerando que el ciclo de riego en la última capa o levante del mineral durará 210 días, se tiene que en promedio el material estará en contacto con la solución de riego por mas de 560 días para maximizar la recuperación de valores.

Las reacciones genéricas que se darán en el proceso de lixiviación en los patios son:



Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Descripción del proceso

Otras reacciones que se dan, en forma menos estable, son las de hidrólisis y la oxidación del cianuro de acuerdo a lo siguiente:



Se estima un consumo de agua aproximado de 177 m³/hr para compensar pérdidas por evaporación y para saturar al mineral seco que se va colocando en el patio de lixiviación.

La solución rica o preñada que se colectará en las tuberías y pileta interna del patio, presentará las características de calidad que se muestran en la tabla V.1, de acuerdo a las pruebas de botella realizadas en laboratorio a varios compósitos resultado de pruebas de recuperación metalúrgica.

Los principales efectos al entorno y las medidas de protección durante el proceso de lixiviación serían la potencial ruptura de la membrana impermeable en la base del patio lo que podría resultar en infiltraciones al subsuelo de las soluciones de proceso. De ahí la importancia de que la instalación del sistema impermeable se realice bajo un estricto control de calidad que minimice la posibilidad de falla de la membrana.

En todo momento durante las operaciones metalúrgicas se mantendrán las soluciones de proceso en un circuito cerrado, sin descargas al entorno natural. Sin embargo, es importante conocer las características de calidad que se espera presente la solución rica ya que permitirá diseñar las medidas adecuadas de respuesta a emergencias en caso de derrames o infiltraciones accidentales que pudieran presentarse durante la operación del sistema de lixiviación. Así también conocer los parámetros mas críticos a controlar en caso de un derrame, con base en los límites de calidad que establece la norma de descarga NOM-001-SEMARNAT-1996.

Otro aspecto sería la potencial liberación de ácido cianhídrico si la solución cianurada no se mantiene a un pH adecuado (>10 unidades) , por lo que se tendrá un estricto control del pH en las soluciones de proceso mediante la adición de cal y/o hidróxido de sodio.

La figura V.13 muestra el diagrama de flujo del proceso de lixiviación

Figura V.13 Diagrama de flujo de lixiviación.

Tabla V.1 Características de calidad de soluciones lixiviantes

V.2.4 Proceso Merrill-Crowe

La solución rica que proviene del patio de lixiviación se acondicionará y se le adicionará polvo de zinc lo que permite la precipitación de los metales de interés. El proceso de precipitación con zinc, también llamado proceso Merrill-Crowe, consiste en las siguientes operaciones:

La solución rica que se almacenará en la pileta de proceso se bombeará, mediante una bomba centrífuga, a cuatro filtros-clarificadores (2 a 3 en operación y uno de repuesto) del tipo de placas revestidas con autolimpiado a presión. Los filtros son revestidos con tierra diatomácea, la cual se alimenta continuamente en la solución. La bomba de solución rica aplicará la presión a los filtros. Las soluciones filtradas y clarificadas, descargarán directamente a la torre de desareación.

En la torre de desareación se removerá el oxígeno en la solución de 6 ppm a 0.5 ppm, para lo cual se operará una bomba de vacío (27.5 mmHg) del tipo anillo líquido. La solución que sale de la torre de desareación pasará por medio de una bomba centrífuga a los filtros prensa. Previo a su entrada a los filtros se le adicionará una emulsión de zinc, preparada con polvo de zinc y solución rica. La emulsión de zinc se preparará en un cono de mezclado el cual será continuamente alimentado con solución rica para evitar que entre aire a la bomba de inyección de zinc. Después de la adición de zinc la solución pasa al sistema de filtros prensa donde se colectan los metales precipitados como el oro y la plata.

Los filtros prensa son revestidos con tierra diatomácea, al igual que los clarificadores, para ayudar en el proceso de filtración. El precipitado se colectará en charolas para lo cual se abrirán manualmente los filtros para su limpieza..

La solución pobre o filtrado que salga de los filtros prensa se enviará al tanque de solución pobre. Esta solución se acondicionará con cianuro de sodio antes de que se bombea de regreso a los patios de lixiviación.

La planta de proceso tendrá una capacidad de diseño para procesar 1,000 m³/hr de solución rica (con capacidad para expandirse a 1,500 m³/hr), con una recuperación de 97% de oro y 99% de la plata en solución. La planta Merrill-Crowe operará los 365 días del año, las 24 horas y su capacidad de diseño excede la capacidad de producción anual estimada de 5 ton/año de oro y 185 ton/año de plata.

La reacción genérica que se llevará a cabo en la etapa de precipitación con zinc es:



La figura V.14 muestra el diagrama de flujo del proceso Merrill-Crowe

Figura V.14 Diagrama de flujo del proceso Merrill-Crowe

V.2.5 Fundición

La solución rica que proviene del patio de lixiviación se acondicionará y se le adicionará polvo de zinc lo que permite la precipitación de los metales de interés. El proceso de precipitación con zinc, también llamado proceso Merrill-Crowe, consiste en las siguientes operaciones:

La solución rica que se almacenará en la pileta de proceso se bombeará, mediante una bomba centrífuga, a cuatro filtros-clarificadores (2 a 3 en operación y uno de repuesto) del tipo de placas revestidas con autolimpiado a presión. Los filtros son revestidos con tierra diatomácea, la cual se alimenta continuamente en la solución. La bomba de solución rica aplicará la presión a los filtros. Las soluciones filtradas y clarificadas, descargarán directamente a la torre de desareación.

En la torre de desareación se removerá el oxígeno en la solución de 6 ppm a 0.5 ppm, para lo cual se operará una bomba de vacío (27.5 mmHg) del tipo anillo líquido. La solución que sale de la torre de desareación pasará por medio de una bomba centrífuga a los filtros prensa. Previo a su entrada a los filtros se le adicionará una emulsión de zinc, preparada con polvo de zinc y solución rica. La emulsión de zinc se preparará en un cono de mezclado el cual será continuamente alimentado con solución rica para evitar que entre aire a la bomba de inyección de zinc. Después de la adición de zinc la solución pasa al sistema de filtros prensa donde se colectan los metales precipitados como el oro y la plata.

Los filtros prensa son revestidos con tierra diatomácea, al igual que los clarificadores, para ayudar en el proceso de filtración. El precipitado se coleccionará en charolas para lo cual se abrirán manualmente los filtros para su limpieza..

La solución pobre o filtrado que salga de los filtros prensa se enviará al tanque de solución pobre. Esta solución se acondicionará con cianuro de sodio antes de que se bombea de regreso a los patios de lixiviación.

La figura V.15 muestra el diagrama de flujo del proceso de fundición

El arreglo de la planta de beneficio donde se ubica la planta Merrill-Crowe y el área de fundición se muestra en la figura V.16.

Figura V.15 Diagrama de flujo del proceso de fundición

Figura V.16 Arreglo de la planta de beneficio

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Descripción del proceso

En la tabla V.2 se presenta el tipo de sustancias y combustibles que se utilizarán en el proceso de beneficio, mostrando el consumo máximo anual estimado, tipo y capacidad de almacenamiento en el sitio.

El sistema de manejo de reactivos se ilustra en el diagrama de flujo de manejo de reactivos (figura V.18) y en el diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de agua (figura V.19).

V.3 Hojas de seguridad

En el anexo V se presentan las hojas de seguridad de las siguientes sustancias que se utilizarán en el proceso:

Gasolina

Diesel

Propano

Nitrato de amonio

Cianuro de sodio

Hidróxido de sodio

Polvo de zinc

Cal

Anti-incrustante

Tierra diatomácea

Borax

Nitrato de potasio

Tabla V.2 Listado de sustancias químicas y combustibles

| Sustancia | Estado físico | Forma de suministro | Tipo de almacenamiento en el sitio | Caract.CRETIB | Cantidad máxima de almacenamiento | Consumo máximo anual estimado | Criterio IDLH*/TLV** | EQUIPO DE SEGURIDAD A UTILIZAR EN SU MANEJO (Ver hojas de seguridad en el Anexo V) | Cantidad de reporte* |
|-------------------|---------------|-------------------------|--|---------------|--|-------------------------------|-------------------------|---|---|
| Gasolina | líquido | Carro-tanque cilíndrico | Tanque atmosférico vertical | T,I | 12.27 m ³ | 180,000 lt/año | 1,100 ppm* | En caso de incendio utilizar ropa resistente a químicos y equipos de respiración autónomos de presión positiva. | 10,000 barriles (1,190 m ³) |
| Diesel | Líquido | Carro-tanque cilíndrico | 2 tanques atmosféricos verticales de 115 m ³ c/u 1 tanque atmosférico vertical de 278 m ³ | T,I | 278 m ³ (1) 230 m ³ (2) | 21,000,000 lt/año | 5 mg/m ³ ** | En caso de incendio utilizar Carro cisterna, mangueras, boquillas, cascos, pantallas chaquetones y equipo portátil de respiración. | |
| Propano | gas | Carro-tanque cilíndrico | 1 Tanque cilíndrico horizontal de 38 m ³ y 1 tanque cilíndrico de 7.5 m ³ | I | 38 m ³ (3) 7.5 m ³ (4) | 485,000 kg/año | 2000 ppm* | Se deben usar fuentes autónomas de respiración en modo de presión positiva con una pieza completa para la cara cuando hay posibilidad de exposición al humo, gases o productos peligrosos de la descomposición. Los vapores incontrolados esparcidos rápidamente, son más pesados que el aire y son extremadamente inflamables. | 50,000 kg |
| Nitrato de amonio | sólido | Carro-tanque (a granel) | 3 Silos de 60 ton | E | 180 ton | 8,796 ton/año | 500 mg/m ³ * | Combatir el incendio desde un lugar protegido. Evacuar el área de peligro. | S.D. |

(1) Área de generadores, (2) Área de combustibles, (3) Área de proceso (4) Área de taller

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Descripción del proceso

| Sustancia | Estado físico | Forma de suministro | Tipo de almacenamiento en el sitio | Caract. CRETIB | Cantidad máxima de almacenamiento | Consumo máximo anual estimado | Criterio IDLH*/TLV** | EQUIPO DE SEGURIDAD A UTILIZAR EN SU MANEJO (Ver hojas de seguridad en el Anexo V) | Cantidad de reporte* |
|--------------------------------|--------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|--|----------------------|
| Cianuro de sodio (98% en peso) | Sólido (briquetas) | Flo-bins (contenedores de 1,361 kg) | Estibado sobre tarimas | T | 50 ton (36 flo-bins) | 3,600 ton/año | 50 mg/m ³ */ 5 mg/m ³ ** | Usar guantes de neopreno o caucho, gafas/careta protectora y botas. Utilice detector personal de ácido cianhídrico y protección respiratoria independiente en caso de liberación de HCN o vapores ácidos | 1 kg |
| Hidróxido de sodio (96.5%) | Sólido (hojuelas) | Tambores de 204 kg | Estibado sobre tarimas | C | 9.53 m ³ | 65 ton/año | 250 mg/m ³ límite de exp. 2 mg/m ³ (NIOSHA) | Usar guantes de neopreno o caucho, lentes de seguridad, botas, protector respiratorio con filtro contra nebulizaciones | |
| Polvo de zinc | Sólido | Supersacos de 225 kg | Estibado sobre tarimas | T | 16 ton | 200,460 kg/año | | Usar filtros desechables contra pólvos, lentes de seguridad, guantes de piel y oberol. | No aplica |
| Cal (83% activa) | Sólido | En camiones (a granel) | Silo | R | 250 ton | 15,210 ton/año | 25 mg/m ³ */ 2 mg/m ³ ** | Utilice respirador tipo filtro (N100) y lentes de seguridad con protección lateral | No aplica |
| Anti-incrustante | líquido | Contenedores de 1 m ³ | Estibado sobre tarimas | T | 7.5 ton (6 cont.) | 69,996 kg/año | | Usar gafas protectores y guantes de neopreno | No aplica |
| Tierra diatomácea | sólido | Sacos | Estibado sobre tarimas | | 8 ton | 84,936 kg/año | | | No aplica |
| Borax | Sólido | sacos | Estibado sobre tarimas | | 1.5 ton | 7,848 kg/año | | | |
| Carbonato | Sólido | sacos | Estibado sobre tarimas | | 1.5 ton | 3,540 kg/año | | | |
| Nitrato de potasio | Sólido | sacos | Estibado sobre tarimas | | 1.5 ton | 672 kg/año | | | |

C=corrosivo, R=reactivo, E=explosivo, T=tóxico, I=Inflamable, B=bioinfeccioso

Figura V.17 Diagrama de flujo del manejo de reactivos

Figura V.18 Diagrama de flujo del sistema de abastecimiento de agua

V.4 Almacenamiento

En la tabla V.3 se muestran las características de los recipientes y envases de almacenamiento de las diferentes sustancias a utilizar en las operaciones mineras. En la figura V.19 Se muestra el arreglo del área de almacenamiento y preparación de algunos reactivos del proceso como el cianuro de sodio y el hidróxido de sodio.

V.5 Equipos de proceso y auxiliares

Un listado de todos los equipos de proceso y auxiliares se presenta en el Anexo II de este documento

Tabla V.3 Tipos de recipientes y condiciones de almacenamiento de combustibles y sustancias

Figura V.19 Arreglo del área de preparación y almacenamiento de cianuro de sodio

V.6 Condiciones de operación

Con base en los criterios de diseño establecidos para el estudio de factibilidad económica para el proyecto, los principales parámetros de operación para el proyecto Dolores se muestran en la tabla V.4.

V.6.1 Balance de materia y energía

Los siguientes diagramas de flujo presentan información sobre el balance de masa:

Figuras V.11 a la V.15

V.6.2 Temperaturas y presiones de diseño y operación

Ver tabla V.6 Condiciones de operación

V.6.3 Estado físico de las diversas corrientes del proceso

De los diagramas de flujo del proceso se tiene:

Corriente 2, 4, 7: Aspersión de agua (líquido)

Corriente 3: Mineral triturado (sólido)

Corriente 6: Descarga de gruesos (sólido)

Corriente 8: Mineral triturado (sólido)

Corriente 214, 215: Agua de tanque (líquido)

Corriente 11, 16, 19, 25: finos (sólidos)

Corriente 20, 24: gruesos (sólido)

Corriente 28: mineral a patios (sólido)

Corriente 97, 150: Solución rica a MC (líquido)

Corriente 99, 100, 227, 228: Solución pobre de planta MC, a patios y a clarificador (líquido)

Corriente 225: Solución de pileta de proceso (líquido)

Corriente 220: Agua del condensador del horno de retorta (líquido)

Corriente 98: Solución rica clarificada (líquido)

Corriente 102: Descarga de clarificador (lodos)

Corriente 110: Solución decantada de pileta de sedimentación (líquido)

Corriente 121: Lodos de zinc a filtros (lodos)

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Descripción del proceso

Corriente 122,124,152: Revestido a clarificador y retorno (líquido)

Corriente 123, 125,153: Revestido a filtros y retorno (líquido)

Corriente 120: Solución de cianuro a tanque de solución pobre (líquido)

V.6.4 Características del régimen operativo de la instalación (continuo o por lotes)

La lixiviación tendrá un ciclo por lotes, de acuerdo a lo siguiente:

Sobre cada capa de mineral se aplicarán, mediante riego por goteo, un promedio de 6.72l/hr/m² de solución pobre, que estará acondicionada a un pH entre 10.0 y 11 y una concentración de cianuro de 500 ppm. El riego para la extracción primaria de mineral durará 150 días y se estima que 3,750,000 ton de mineral estarán bajo lixiviación primaria en la capa que está siendo sujeta a riego. Las capas que se encuentren por debajo de la capa sujeta a riego serán lixiviadas en forma secundaria, terciaria, etc. según sea el número de capa de que se trate.

En cuanto al proceso de precipitación con zinc, el régimen operativo es continuo y por lotes en el caso de la fundición del concentrado que se obtiene de los filtros prensa.

V.6.5 Diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) con base en la ingeniería de detalle y con la simbología correspondiente

No disponible en esta etapa del proyecto

Tabla V.4 Condiciones de operación

| Etapa | Equipos, sistema o área del proceso | Condiciones de operación | | | | Observaciones |
|--------|-------------------------------------|--|---------|----|-----------------------|---|
| | | Temp. | Presión | pH | Otro | |
| Minado | Almacén de explosivos | | | | Riesgo de explosión | Se acatarán todas las normas de seguridad y disposiciones de la SEDENA en el almacenamiento, transporte y manejo de los materiales explosivos. Se realizarán voladuras controladas en horarios pre-establecidos. |
| | | Terreros | | | | Potencial de drenaje ácido |
| | | | | | Estabilidad y drenaje | Se conformarán los terreros con una pendiente general de 2.5H: 1V (22°) para mayor estabilidad. El terreno será suavizado para evitar el estancamiento de aguas pluviales. |
| | Tajo | | | | Estabilidad | Se desarrollarán bancos de 10 m de altura con ancho de 7 a 9.5, ángulo de banco entre 60° y 70° y ángulos de talud que fluctuarán entre 38° a 50°. |
| | | | | | Desagüe | Mediante un sistema de bombeo, se extraerá el agua que entre a la zona del tajo por el flujo de agua subterránea y por los escurrimientos superficiales. |
| | Trituración | Trituradora primaria, secundaria y terciaria | | | | Adición de cal |

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Descripción del proceso

| Etapa | Equipos, sistema o área del proceso | Condiciones de operación | | | | Observaciones |
|--|--|--------------------------|------------------|-----------|---|---|
| | | Temp | Presión | pH | Otro | |
| Trituración | | | | | Emisiones a la atmósfera | El control de polvos se logrará con una combinación de medidas como son la supresión, colección y contención del polvo. Se tendrá una retícula de aire comprimido en el sistema de trituración. |
| Lixiviación | Tanque de mezclado de cianuro de sodio | | | >10.0 | 26% en peso de NaCN (34 m ³) | Se adicionará 0.4 kg de NaCN por cada tonelada de mineral. El pH se controlará con NaOH. |
| | Tanque de distribución de cianuro de sodio | | | >10.0 | 26% en peso de NaCN (51 m ³) | |
| | Tanque de solución pobre | | | 10.0 a 11 | -Conc. de cianuro en solución: 500 mg/l -Flujo para riego: 6.72 l/hr/m ² de solución pobre a patios (área de irrigación: 4,685 m ²) | El pH se controlará con la adición de cal al mineral y adición de NaOH para ajustes del pH en el proceso. Todas las áreas donde se manejen soluciones de proceso estarán impermeabilizadas y con sistemas de contención. |
| | Pileta de solución rica (PLS) | | | 9 a 10 | 68,900 m ³ de capacidad 1,426 m ³ /hr (flujo de patios) | Pileta con doble membrana impermeable y sistema de detección de fugas. Se construirán dos piletas adicionales (213,000 m ³ y 116,175 m ³) para almacenamiento de soluciones en exceso y contención de agua de lluvia (evento máximo 24 horas-100 años) |
| Precipitación con Zinc (Merrill-Crowe) | Torre de vacío | | 27.5 mm Hg | | | Se removerá el oxígeno disuelto de 6 a 0.5 ppm |
| | Filtros-prensa | | 5,000 mm Hg Máx. | | | Los filtros prensa alcanzarán una presión máxima de 5,000 mm Hg. En este punto los filtros serán apagados y limpiados. |
| Fundición | Horno de re-torta | 538°C | | | Emisiones de vapores de Hg | Capacidad 1.1 m ³ , utiliza gas propano. 24 horas ciclo de secado. Sistema de recuperación de mercurio. |
| | Horno de fundición | 1,250°C | | | | Cap. 10,000 lb, horno de reverbero de gas lp. |

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Descripción del proceso

V.7 Cuarto de control

V.7.1 Especificación del cuarto de control

No disponibles

V.7.2 Sistemas de aislamiento

No disponibles

VI. ANÁLISIS Y EVALUACION DE RIESGOS

VI.1. Antecedentes de accidentes e incidentes

A nivel internacional, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA, 2005), tiene el registro que las emergencias ambientales por el uso y manejo de sustancias químicas en el último siglo, se agrupan en 18 grandes eventos, de los cuales, dos de ellos involucra a México por accidentes con el manejo de combustibles: gas LP y gasolina. Se trata del evento de fuego causado por el gas LP asociado a gasolina ocurrido el 19 de noviembre de 1984 en San Juan Ixhuatepec en México donde murieron más de 500 personas, hubo más de 4300 heridos y 200 mil evacuados con pérdidas acumuladas de 31.3 millones de dólares; el segundo data del 22 de abril de 1992 por la explosión de gasolina en el drenaje de la ciudad de Guadalajara México, donde murieron más de 200 personas, 1500 heridos y 500 evacuados.

Hasta el momento, en el contexto nacional, de acuerdo a las principales emergencias ambientales ocurridas en toda su historia, persisten los dos eventos que tuvieron repercusión mundial (los ocurridos en San Juan Ixhuatepec y de Guadalajara) asociados al almacenamiento de los mismos y ninguno de los eventos está asociado a la actividad minera (PROFEPA, 2005).

De los registros más recientes, la Subprocuraduría de Auditoría Ambiental a través de la Dirección de Emergencias Ambientales tiene reportados emergencias en el periodo 1993-2002 para México, un total de 4,851 eventos y de éstos el 94% fueron en vía terrestre y 6% marítimos. De acuerdo a los lugares donde sucedieron estos eventos, un 71% ocurrieron en actividades de transporte de sustancias, el 20% en plantas industriales y el resto en otros no especificados. De acuerdo al tipo de emergencias, el 85% fueron eventos riesgosos no controlados de fugas o derrames, 6% desencadenaron en fuego, 4% fueron explosiones y el 2% restante en otros no especificados. Del universo de eventos de transporte (3,436 eventos), el 59% fueron dados en ductos terrestres (por conducción de sustancias), 31% en medios carreteros, 7% marítimos y 3% en ferrocarril. Este registro revela además, que el número de eventos sucedieron en promedio arriba de 400 casos por año en el periodo revisado, a excepción de 1993 con 157 eventos y el año más problemático fue 1997 con 632 eventos, seguido por 587 en 1996 y 567 en el 2001.

En otro periodo de datos revisado de emergencias ambientales por el manejo de sustancias y actividades riesgosas con información disponible de daños, comprendido del periodo 1998-2002 (Profepa, 2005), se revela que el análisis de daños a la población fue de 57,987 afectados a nivel nacional. De éstos, 278 murieron, hubo 1,326 lesionados, 2,564 intoxicados y 53,819 evacuados. Para el Estado de Chihuahua hubo 2,907 personas afectadas (5.01% del total afectada a nivel nacional), y de ellos ninguno fue defunción ni lesionado, 242 intoxicados y 2,665 evacuados. Ocupando el octavo lugar nacional de una lista que encabezó Veracruz con 11,325 afectados.

Además, sólo para el año 2003, en nuestro país hubo 452 eventos riesgosos a nivel nacional, donde 297 fueron por manejo de sustancias en transporte, 130 en plantas industriales y 25 casos en otros; de los ocurridos en plantas industriales, 58 fueron en producción, 22 en almacenamiento, 18 en descarga, 2 en carga y 30 en otros; del total de eventos ocurridos en transporte, 167 fueron en ductos, 121 en carreteras, 1 marítimo, 7 en ferrocarril y 1 en otros. De las sustancias involucradas a estos eventos riesgosos del 2003, encabeza la lista los riesgos asociados a derrames de petróleo con 172 casos. En general,

son 15 sustancias que estuvieron involucradas en el 85% de emergencias, donde el grupo de hidrocarburos está presente en el 75% de las emergencias ambientales. De las sustancias a emplearse en el proyecto Dolores, está el diesel que tuvo 50 casos, gasolina con 44, gas LP con 8.

Retomando el periodo previo revisado a nivel nacional (1993-2002), y registrado por PROFEPA, que en total son 4,851 eventos, en Chihuahua sólo ocurrieron 96 eventos (1.9% del total), ocupando el lugar número 18 de la lista que encabezó el Estado de Tabasco con 957 eventos riesgosos (19.73% del total).

En lo que se refiere a los riesgos ambientales asociados al sector minero, los riesgos registrados se relacionan a los procesos involucrados de extracción del mineral y al manejo de sustancias químicas involucradas al servicio de áreas mineras y al proceso mismo y al manejo de explosivos.

En la revisión documental no se indica que el giro minero haya aportado valores a las estadísticas de emergencia significativas a nivel nacional. Se tiene identificado el riesgo de derrame de la Sociedad Cooperativa minero metalúrgica Santa Fé No. 1 y el incendio por la combustión de queroseno de la compañía Minera María S.A. de C.V. en el km 99 de la carretera Imuris-Agua Prieta que más adelante se detalla. Ninguno de estos eventos registrados ocurrió en el estado de Chihuahua. Los daños previstos de minería están asociados a la complejidad en la revisión de los procesos, involucramiento del sector minero en áreas de valor arqueológico, ecológico, de asentamientos de grupos indígenas o localidades, los altos volúmenes de almacenamiento de sustancias químicas y combustibles, entre ellos, que repercute en la atención especial con que las autoridades normativas revisan los desarrollos mineros, con el propósito de prevenir, mitigar, compensar o remediar aspectos de degradación ambiental por el uso de recursos, desmontes, contaminación de cuerpos de agua debido a presas de jales, derrames ácidos, y sobre todo problemas asociados a la salud pública, como es el caso de emisiones no controladas de metales pesados.

Las sustancias involucradas en el proyecto minero Dolores, son 13, entre ellas están la gasolina, diesel, gas lp (propano), nitrato de amonio, cianuro de sodio, polvo de zinc, óxido de calcio, ácido polimaleico, tierra de diatomeas, bórax, carbonato de calcio, nitrato de potasio e hidróxido de sodio. A reserva de su valoración en la identificación de riesgo, reviste particular interés el cianuro de sodio, como única sustancia que rebasa la cantidad de reporte y convierte al proyecto minero en actividad altamente riesgosa, así como los combustibles por la propiedad misma de combustión y eventual riesgo de explosión ante un manejo inadecuado.

Antecedentes de riesgo asociados a las sustancias en manejo están los ya citados para los combustibles gasolina, diesel y gal LP con relevancia los eventos de San Juan Ixhuatepec y de Guadalajara. El más reciente involucra al cianuro de sodio durante la transportación sucedido el 27 de febrero de 2002 donde se volcó en el Km. 43 de la carretera México-Puebla, un trailer de la compañía "Transportes Tlaxcala" que contenía 24 toneladas de cianuro de sodio, material propiedad de DuPont México. Las causas de la volcadura fueron desconocidas y se reportó un derrame de entre 3 a 5 toneladas de este producto sobre el asfalto (www.dupont.com.mx).

En el análisis nacional de emergencias ambientales, realizado por el Centro de Orientación para la atención a Emergencias Ambientales (COATEA), indica que para el último semestre del 2003, ocurrieron un total de 449 eventos riesgosos a nivel nacional, donde 253 fueron

en el sector público (4 fugas, 240 derrames, 2 explosiones, 2 incendios y 5 otros), donde 71 fueron en industria, 167 en transportación y 15 en otros; 196 fueron en el sector privado (20 fugas, 137 derrames, 19 explosiones, 19 incendios y 6 en otros) ocurriendo 46 en industrias, 129 en transportación y 21 en otros. Para el último bimestre del 2004, el número de eventos aumentó a 503 casos, siendo 336 en el sector público (4 fugas, 326 derrames, 2 explosiones, 3 incendios y 1 en otros); y 167 eventos en el sector privado (25 fugas, 118 derrames, 8 explosiones y 25 incendios) donde 46 casos sucedieron en industrias, 106 en transportación y 15 en otros. En el acumulado al tercer bimestre del 2005, han ocurrido 192 eventos riesgosos a nivel nacional (72 derrames, 1 explosión, 3 fugas y 6 incendios). Desafortunadamente, la información disponible no revela la ubicación por estado de dichos eventos (COATEA, 2005).

El caso más reciente de evento riesgoso ya fue descrito en el estado de Sonora (siendo el caso más cercano a la región en estudio del proyecto minero Dolores), en un giro minero dedicado a la obtención de Cobre, el cual ocurrió como una emergencia ambiental el pasado 18 de marzo del 2004 en una planta industrial, generando un incendio provocado por la combustión de 800 m³ de queroseno, con afectaciones materiales y laborales al haber un lesionado y suelo afectado en casi 3000 m². Este evento ocurrió en el estado de Sonora, en la planta La Mariquita, de la compañía Minera María S.A. de C.V. en el km 99 de la carretera Imuris-Agua Prieta (El Imparcial, 20 marzo del 2004). A la fecha, la empresa ya subsanó las afectaciones generadas y remedió los sitios en apego a la NOM-138-SEMARNAT-2003.

Por todo lo anterior expuesto, en el presente capítulo dedicado a eventos riesgosos, se revisarán todas las sustancias involucradas en el proyecto minero Dolores con el propósito de analizar sus propiedades químicas y cantidades de consumo para identificar los riesgos potenciales asociados y valorar las implicaciones en el transporte, trasiego, almacenamiento y proceso de las mismas.

VI.2 Metodologías de Identificación y Jerarquización de riesgos

VI.2.1. Selección de sustancias

En el proyecto minero Dolores existen un total de 13 sustancias a emplear en el proceso, entre ellas están la gasolina, diesel, gas lp (propano), nitrato de amonio, cianuro de sodio, polvo de zinc, óxido de calcio, ácido polimaleico, tierra de diatomeas, bórax, carbonato de calcio, nitrato de potasio e hidróxido de sodio, donde sólo el cianuro de sodio rebasa la cantidad de reporte del primero y segundo listado de actividades altamente riesgosas. La tabla VI.1 muestra la relación de sustancias involucradas y sus principales características de valoración para el estudio de riesgo ambiental.

De las sustancias involucradas, existen tres combustibles (gasolina, diesel y propano) empleados en las áreas de servicio minero (para suministro a maquinaria y equipo, área de talleres, vehículos automotores y generadores), los cuales poseen característica CRETIB de inflamables, y aún cuando no rebasan la cantidad de reporte (citada para gasolina y propano) sí existen estadísticas nacionales de antecedentes de riesgo asociado al manejo de la sustancia, por lo que no se descarta su valoración en la identificación de riesgos, con el propósito de contar con elementos cuantitativos para prevenir eventos riesgosos no deseados en el proyecto minero Dolores.

El nitrato de amonio es la única sustancia asociada al proceso de minado, al formar parte del armado de explosivos y resguardado en área de polvorín en apego a las disposiciones contempladas por la Secretaría de Defensa Nacional (SEDENA); posee la característica

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

CRETIB de explosiva (una vez armada con los aditivos y detonadores) por lo que se incluye en la identificación de riesgos ambientales.

El óxido de calcio por su parte, se emplea en el área de trituración del material minado, contenido en silo de suministro, como cal activa al 83% pero al carecer de propiedades químicas reactivas o tóxicas al ambiente que involucre cuidados especiales (adicional a un manejo eficiente) y no asociarse a estadísticas de riesgo ni a cantidad de reporte contemplado, no se incluye en la identificación de riesgos ambientales.

El resto de las sustancias (cianuro de sodio, polvo de zinc, ácido polimaleico, tierra de diatomeas, bórax, carbonato de sodio, nitrato de potasio e hidróxido de sodio) se manejarán en la planta de beneficio del proceso minero. Destaca el cianuro de sodio, cuyo consumo rebasa la cantidad de reporte del Primer y Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas, existen antecedentes de riesgo y la sustancia es reactivamente tóxica, por lo que su identificación y posterior evaluación de riesgo reviste particular importancia. Se indagará además en el hidróxido de sodio la identificación de riesgo para considerar si es factible o no, su evaluación de riesgos. El resto de las sustancias por sus propiedades químicas y dado que no existen riesgos estadísticos antecedentes, no rebasan cantidad de reporte, los límites de exposición y/o las cantidades de consumo y/o concentración en proceso no son relevantes, se descarta su identificación de riesgos.

Derivado de esta revisión preliminar, se somete a identificación de riesgos el cianuro de sodio así como la gasolina, diesel, propano, nitrato de amonio e hidróxido por las razones expuestas asociada a las mismas. De esta identificación, se justificará en cada caso si aplica la evaluación del riesgo por el manejo de la sustancia en cuestión y bajo cuáles condiciones.

Tabla VI.1. Relación de sustancias involucradas en el proceso de beneficio del proyecto minero Dolores

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

| | |
|---|---|
| Contacto con agentes externos | <u>Ocasional</u> : Mas de una vez <u>Continua</u> : Frecuentemente |
| Consecuencias Afectaciones en función de la gravedad de las mismas | <u>Leves</u> : Daños personales: leves (menos de 15 días en sanar), Daños materiales: menores a un salario mínimo anual. <u>Serias</u> : Daños personales: Temporales (mas de 15 días en sanar), Daños materiales: Equivalentes a un salario mínimo anual <u>Graves</u> : Daños personales: No mas de 5 defunciones Daños materiales: Hasta 30 veces el salario mínimo anual <u>Catastróficas</u> : Daños personales: Mas de 5 defunciones Daños materiales: Mas de 30 veces el salario mínimo anual |
| Magnitud del riesgo: En función de probabilidad, exposición, y consecuencias | <u>Aceptable</u> : Poco probable, periodicidad mínima y consecuencias leves <u>Sustancial</u> : Probable, ocasional y de consecuencias serias <u>Muy alto</u> : Altamente probable, frecuente y de consecuencias graves o catastróficas. |

Con fundamento en lo anterior, se construyó la matriz de jerarquización de los eventos riesgosos por el almacenamiento y uso de sustancias en la planta minera Dolores (Ver tabla VI.3).

Finalmente, para evaluar los riesgos identificados y jerarquizados anteriormente, se emplearon software con los modelos de simulación ARCHIE, Ver1.0 ("Automated Resource For Chemical Hazard Incident Evaluation") y el SCRI Ver3.0 (Modelo Atmosférico de Simulación de Contaminación y Riesgos en Industrias). La modelación de riesgos para la planta se realizó sobre aquellos eventos que han sido analizados en la identificación y jerarquización de riesgos considerando para ello la evaluación de los eventos más probables y con potencial de ocasionar afectación ambiental. En cada caso, de acuerdo a la sustancia en modelación, se destacarán los criterios de alimentación de datos empleados. Con el ARCHIE, Ver1.0 software se modelaron las potenciales situaciones de riesgo de las cinco sustancias resultantes a valorar, al haber descartado el hidróxido de sodio del listado original a evaluar. Con el software SCRI Ver3.0 se simuló además las condiciones potenciales de riesgo para el nitrato de amonio.

VI.2.3. Identificación de riesgos ambientales

VI.2.3.1. Identificación de riesgos ambientales por el uso y manejo de gasolina

El almacenamiento de gasolina se ubicará a un costado del taller, en un área adecuada para el almacenamiento y abastecimiento de combustible (diesel y gasolina) de acuerdo a la figura V.3. El diseño de esta área considera la impermeabilización y doble contención para en caso de derrames de combustible. La gasolina será empleada en el proyecto minero

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

Dolores en el área de abastecimiento de combustible, se suministrará por carro tanque cilíndrico de diversa capacidad, probablemente en tanques de presentación de 15 m³ que alcanza para surtir y llenar el tanques de almacenamiento en planta de 12.27 m³. La concentración de la gasolina es al 100% por lo que se emplea el total del valor almacenado en las descripciones de riesgo. Los eventos potenciales riesgosos asociados al manejo de gasolina, son fuga y derrame, incendio y explosión. La siguiente verificación a través del What if.. permitirá identificar aquellos más probables.

¿Que pasa si...

No existiesen señalizaciones en el andén de descarga durante el suministro de gasolina en planta?

Uno de los aspectos más cuidados por las distintas dependencias que verifican el funcionamiento del almacenamiento de gasolinas es el de las señalizaciones preventivas en toda la planta, razón por la cual se considera improbable que esto suceda. Sin embargo, en el caso fortuito de ausencia de señalizaciones en el área de recibo, existe el riesgo de que no se realicen las operaciones en la secuencia de seguridad establecida por la planta, o bien de que se ejecute en el sitio una o varias operaciones que pongan en riesgo la seguridad del sistema de trasiego de gasolina, al llegar a descargar un autotanque que pueden contener un volumen hasta de 15m³. En este caso, se está sujeto a la experiencia y habilidad de los operadores, hasta que se colocan las señalizaciones. *Se evaluará el riesgo potencial mediante el modelo ARCHIE Ver1.0 y se señala como caso 1 (Gasolina-1) para obras de trasiego de gasolina.*

¿Que pasa si...

Un agente externo provoca un golpe de regular intensidad en la red de tuberías?

En el caso de que las tuberías se lleguen a romper por golpe o presentarse una perforación de pequeñas dimensiones, provocaría una fuga de gasolina con la consecuente formación de nubes inflamables. Esto queda incluido en el caso 1 (Gasolina-1) de esta sustancia porque sería durante las obras de trasiego.

¿ Que pasa si...

Existieran fallas en la válvula hidrostática de seguridad en la manguera de trasiego?

En este caso, se provocaría una fuga en el momento del trasiego, que podría remediarse con el cierre de válvulas de paso manuales pudiéndose formar nubes inflamables con la consiguiente posibilidad de producirse un incendio de la masa fugada ante la presencia de una fuente de ignición. Ver caso 1 (Gasolina-1) para gasolina.

¿Que pasa si...

La manguera flexible de trasiego presenta daños físicos y/o desgastes?

Se corre el riesgo de falla de las mangueras al momento de la operación de trasiego, provocando fugas de vapores de gasolina, en cuyo caso, se activarían las válvulas de cierre automático, al modificarse el régimen de presión del sistema de trasiego ya considerado en el caso 1 (Gasolina-1).

¿Que pasa si...

Se presenta corrosión en las tuberías de alimentación al tanque de almacenamiento y hacia el surtido de servicio?

Las tuberías están protegidas contra corrosión en los puntos de apoyo o soportes del tanque de almacenamiento. El equipo de almacenamiento y red de tuberías para gasolina será nuevo pero en caso de corrosión externa, esto puede advertirse durante las rutinas de inspección, lo cual se remedia sustituyendo el tramo de tubo afectado. Si se presenta corrosión y el tubo no se reemplaza oportunamente, se corre el riesgo de falla de las mismas por debilitamiento de las paredes y disminución de la resistencia a presiones altas, provocando fuga de gasolina. Entonces, los riesgos determinados en el manejo de la gasolina son influenciados por 1) agentes externos y 2) por las fallas en el mismo almacenamiento. Ambas situaciones generan corrosión, desgaste o rotura del tanque que puede repercutir en fugas de diferente magnitud que si resultan significativas y no controladas, al encontrar una fuente de ignición desataría incendio y/o potencial explosión. *Esta condición en el tanque de almacenamiento de 12.27 m³ amerita ser evaluado como caso 2 (en adelante Gasolina-2), ya que podría desencadenar en el peor de los casos, en explosión.*

VI.2.3.2. Identificación de riesgos ambientales por el uso y manejo de diesel

A un costado del taller, se construirá un área adecuada para el almacenamiento y abastecimiento de combustible (diesel y gasolina) de acuerdo a la figura V.3. El diseño de esta área considera la impermeabilización y doble contención para en caso de derrames de combustible.

El diesel se empleará en el proyecto minero Dolores en el área de servicios para el abastecimiento de combustibles a maquinaria y equipo automotor, así como en el área de generadores, ya que inicialmente la energía se producirá a través de un sistema de 5 generadores diesel con capacidad de 9 Mwatt de potencia que proveerá a la subestación.

Este combustible será surtido mediante carro tanque cilíndrico de diferentes capacidades y se realizará el llenado hacia los tres tanques de almacenamiento (2 de 230 m³ y uno de 278 m³) llenados al 100% de concentración del hidrocarburo por no estar a alta presión. Los eventos potenciales asociados al diesel son fuga y derrame que de estar presente una fuente de ignición, desencadenaría en incendio como se revela más adelante. Las situaciones que pueden provocar esta condición, se destacan enseguida:

¿Que pasa si... Durante el almacenamiento de diesel ocurriera un derrame del combustible no prevista ni revisada por el personal de mantenimiento, debido a las fallas o errores en las soldaduras de placas del tanque de almacenamiento?

Los tres tanques de diesel estarán instalados en un área impermeabilizada y con la capacidad para contener el 100% del almacenamiento de los tanques (es decir 738 m3), de tal forma que no se prevén riesgos de derrame mayor.

Sin embargo, la presencia de una fuente de ignición podría provocar un incendio de la masa fugada, lo que afectaría también a los tanques de gasolina que se encontrarán en la misma sección de almacenamiento de combustible. *Esta condición será evaluada por el modelo ARCHIE Ver 1.0 como caso 1 (en adelante Diesel-1) y se valorará lo que sucede en el tanque de mayor capacidad sin menoscabo del incremento de volumen contiguo en caso de avanzar hacia eventos más riesgosos.*

¿Que pasa si ...Durante el trasiego de diesel al tanque de almacenamiento hubiera rompimiento o fractura de la tubería o manguera debido a factores internos (falta de señalización, avisos, etc.)?

Esta sustancia no forma nubes tóxicas (NFPAH = 1) ante una fuga o derrame y tiene características de reactividad nulas (NFPAF = 0). Aunado a lo anterior, el sistema no contempla un calentamiento de esta sustancia, y el traslado y almacenaje de la misma se llevará a cabo a temperatura de 29.5 °C (temperatura máxima promedio anual de acuerdo a la estación meteorológica más cercana Guadalupe); puesto que su temperatura de inflamación es de 52 °C, (NFPAF = 2) el riesgo de incendio en proceso es improbable. Ante todo lo anterior, se concluye que el riesgo ambiental por un incendio derivado de una fuga o derrame puede descartarse.

¿Que pasa si...Se presenta un proceso de corrosión en la tubería de transportación de diesel desde el tanque de suministro hacia el tanque de almacenamiento?

El sistema no contempla un calentamiento de esta sustancia, y el traslado y almacenaje de la misma se llevará a cabo a temperatura máxima de 29.5 °C; puesto que su temperatura de inflamación es de 52 °C, (NFPAF = 2) el riesgo de incendio en proceso es improbable.

De esta manera se destaca que los riesgos generados en el diesel están asociados a su manejo, principalmente durante el trasiego del combustible desde el proveedor hacia la mina. Se asocia la fuga y derrame debido a agentes de colisión que dañarían la estructura de almacenamiento o el sistema de bombeo para suministrarlo, así como tuberías y conexiones que deben ser revisadas para no desencadenar en un derrame significativo, que al encontrar una fuente de ignición y nadie se percate del evento, genere el evento de incendio. *Esto será evaluado por ARCHIE Ver1.0 como caso 2 (Diesel-2).*

VI.2.3.3. Identificación de riesgos ambientales por el uso y manejo de nitrato de amonio

El mineral se extraerá a tajo abierto, utilizando explosivos para su fragmentación. El proceso de beneficio se inicia con la trituración de la roca extraída del tajo la cual se someterá a lixiviación con soluciones de cianuro, seguido de la precipitación con zinc y fundición para obtención de doré.

El almacén de explosivos será construido a aproximadamente un km en línea recta, al Este de la planta de proceso, a un costado del camino de acceso. Ver figura II.2 que muestra el arreglo general de las obras mineras. Se construirán dos edificios, uno para el material explosivo y otro para los dispositivos detonadores y accesorios, se instalarán también tres

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

silos para el almacenamiento de nitrato de amonio (ANFO). El área estará cercada y se construirá en total apego a las especificaciones que establece la Ley de Armas de Fuego y Explosivos.

El Nitrato de amonio es la sustancia involucrada en la elaboración de explosivos para el proceso de voladuras durante el minado de la mina Dolores. Es una sustancia regulada (junto con los accesorios para formar explosivos) por la Secretaría de Defensa Nacional (SEDENA) y bajo la aplicación de la Ley de Armas de Fuego y explosivos. Por lo mismo, se autorizará y surtirá en la planta minera bajo permisos en cada caso de SEDENA y transportada por contratista que cuente con los permisos actualizados para tal fin.

Se consideran 3 silos para el almacenamiento de Nitrato de amonio (ANFO) en polvorín con capacidad de almacenar 60 ton cada uno, así como un Carro-tanque para mezcla de ANFO a ubicarse en área de minado con capacidad de 16 toneladas.

Los eventos riesgosos en el manejo de nitrato de amonio son: la explosión directa ante una fuente de ignición una vez armado material para voladuras, o puede verterse material al suelo en caso de mal manejo, pero por ser éste en estado sólido, es controlable si no hay chispa cercana. La identificación de riesgos es como se presenta a continuación:

¿Qué pasa si...Se realiza un mal manejo en el área del polvorín?

Dependiendo del mal manejo en el área del polvorín algunas de las causas por las cuales puede ocurrir un incidente en el cuarto o almacén de explosivos, pueden ser el manejo inadecuado de materiales, ruptura de los contenedores de material explosivo, mal diseño del cuarto de almacenamiento, etiquetado erróneo de los contenedores e insuficiente ventilación.

En estos casos el evento de riesgo puede descartarse debido a que el material que compone el explosivo no está armado, necesario para desencadenar en un riesgo ante un mal manejo.

¿Qué pasa si..Se realiza un almacenamiento inadecuado del material detonante?

Para que el descuido en el almacenaje del material detonante sea riesgoso, primeramente debe estar armado, haber una fuente de ignición en el sitio y no hacer uso de las medidas de control que existirán, por parte del personal que resguarda y supervisa el polvorín. De esta manera puede desencadenar en explosión, por lo que se analiza sus efectos en la modelación de riesgos, identificado como caso 1 (descrito en adelante como Caso Voladura-1) en una capacidad de 16 ton que es la cantidad que cabe en el carro tanque de mezcla de ANFO.

¿Qué pasa si...

Existe una volcadura o choque del carro que transporta el material explosivo al área de mina para voladuras?

Debido a que el material detonante se transporta armado en un carro-tanque para mezcla de ANFO y se lleva sólo la cantidad máxima de almacenamiento que será empleada para una voladura, en transporte de 16 ton con diseño para tal fin, se prevé el riesgo asociado a la propiedad de la sustancia en caso de existir un choque o volcadura, asociado a una fuente de ignición, donde el riesgo de explosión es alto, por lo que se incluye en la modelación del caso 2 (Voladura-2).

¿Qué pasa si..Se realiza con descuido el armado de material detonante?

Para que el descuido en el armado del material detonante sea riesgoso, debe haber una fuente de ignición y no percatarse de ello por parte del operario.

De esta manera puede desencadenar en explosión en el área de tajo, en cantidad y potenciales daños equivalente al caso 2 (Voladura-2) por la cantidad de sustancia asociada al armado para una voladura

VI.2.3.4. Identificación de riesgos ambientales por el uso y manejo de propano

El propano será empleado en el área de fundición, en el área del taller y en laboratorio. El gas propano estará contenido en dos tanques de almacenamiento, uno de 38m³ y otro de 7.5 m³ de alta presión al 85% de llenado en cada caso, los cuales serán surtido por carro tanque o pipa desde el exterior de la planta.

Debido a las características de inflamabilidad del propano y estar contenido en estado gaseoso a presión, este producto puede formar nubes inflamables o explosivas a partir de una fuga, que pueden llegar a ser nubes tóxicas si las concentraciones (o masa fugada) sean muy elevadas, el gas es anestésico y posteriormente asfixiante al reducirse el oxígeno disponible.

Durante el proceso de entrega de gas al sitio de almacenamiento, existen dos momentos en los cuales podrían presentarse eventos riesgosos; el proceso de trasiego en donde interviene la tubería de conducción y el propio almacenamiento del gas. Por lo que respecta a los conceptos de corrosión interna de la tubería que se encuentra casi al nivel de piso o del tanque de almacenamiento a causa del gas y dado a que se suministra mediante carro tanques, este riesgo puede darse por descartado. La revisión de las causas de riesgo se revisan mediante el *What if...?* se muestran a continuación:

Que pasa si ...La temperatura ambiental se incrementa por encima de los 35° C?

Cuando la temperatura ambiental se incrementa por encima de los 35 °C, se inicia dentro del tanque de almacenamiento un proceso de gasificación, aumentando la fase vapor y disminuyendo la fase líquida, creando una mayor presión en las paredes del tanque.

En caso de sobrepresión por encima de la presión de trabajo, se activaría la válvula de seguridad, liberando gas a la atmósfera, en forma controlada. Se descarta la posibilidad de un evento riesgoso por estas condiciones debido a que la temperatura máxima promedio anual del área de estudio es de 29.5° C y un incremento es poco probable, con lo que se descarta la generación de emisiones fugitivas de gas.

¿Que pasa si ...los tanques carecen de sistema de enfriamiento por aspersion ?

Para el volumen almacenado y el uso del combustible, no amerita un sistema de enfriamiento. El tanque de gas se instalará de acuerdo a estándares de seguridad que minimicen el riesgo de un sobrecalentamiento del tanque, así como la presencia de fuentes de ignición o de colisión a los tanques.

Se descarta la posibilidad de un evento riesgoso derivado de la falla anteriormente indicada. Las características de funcionamiento de la válvula de seguridad del tanque de gas, permiten establecer que el riesgo de formación de una nube a partir de dichas emisiones quede descartado ya que no daría oportunidad a que se formara una mezcla explosiva, la cual en dado caso, difícilmente tendría acceso a una fuente de ignición. Por lo que esta posibilidad puede descartarse.

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

Que pasa si...

No existiesen señalizaciones en el andén de descarga?

Se mencionó anteriormente y que aplica para todos los hidrocarburos y combustibles que uno de los aspectos más cuidados por las distintas dependencias que verifican el funcionamiento del almacenamiento del gas propano es el de las señalizaciones preventivas en toda la planta, razón por la cual se considera poco probable que no exista señalización.

En el caso fortuito de ausencia de señalizaciones en el andén de descarga, existe el riesgo de que no se realicen las operaciones en la secuencia de seguridad establecida por la planta, o bien de que se ejecute en el sitio una o varias operaciones que pongan en riesgo la seguridad del sistema de trasiego del gas, al llegar a descargar un autotanque.

En este caso, se está sujeto a la experiencia y habilidad de los operadores, hasta que se colocan las señalizaciones con la consiguiente posibilidad de golpear y dañar el sistema de conducción del gas. *Para evaluar el riesgo potencial se modeló con ARCHIE Ver1.0 esta condición como caso 1 (descrito en adelante como Propano-1).*

Que pasa si...

Un agente externo provoca un golpe de regular intensidad en la red de tuberías?

En la situación de que las tuberías se lleguen a romper por golpe o presentarse una perforación de pequeñas dimensiones, provocando fuga de gas y desbalance en el régimen de presiones del sistema, se activarían las válvulas de exceso de flujo que se cierran cuando la descarga o salida por esta válvula es mayor que la capacidad calculada y/o las válvulas de no retroceso de cierre rápido, evitando el paso del gas. Sin embargo podría presentarse una fuga tal que permitiera la formación de nubes inflamables. *Esto se incluye en la evaluación del riesgo previsto como Propano-1.*

Que pasa si...

Existieran fallas en la válvula hidrostática de seguridad en la manguera de trasiego?

La válvula de relevo hidrostática está diseñada para actuar como válvula de seguridad cuando se presenta una sobrepresión en la línea. En caso de falla de la válvula hidrostática, la presión interna sería superior a la prevista en la manguera de trasiego o a la presión de trabajo de la tubería, provocando rompimiento en la manguera o en las conexiones de esta con el tanque.

En este caso, se provocaría una fuga en el momento del trasiego, que podría remediarse con el cierre de válvulas de paso manuales pudiéndose formar nubes inflamables con la consiguiente posibilidad de producirse un incendio de la masa fugada ante la presencia de una fuente de ignición. *Ver caso 1 (Propano-1).*

Que pasa si...

La manguera flexible de trasiego del autotanque presenta daños físicos y/o desgastes?

Se corre el riesgo de falla de las mangueras al momento de la operación de trasiego, provocando fugas de gas, en cuyo caso, se activarían las válvulas de cierre automático, al modificarse el régimen de presión del sistema de trasiego. *Esto será valorado dentro del caso 1 (Propano-1).*

Que pasa si...

Se presenta corrosión en las tuberías de trasiego?

Las tuberías están protegidas contra corrosión en los puntos de apoyo o soportes, y se instalan dentro de canaletas, por debajo del nivel de piso terminado; son de acero al carbón código ASME y se instalan roscadas o selladas, son probadas durante las pruebas de hermeticidad y las pruebas hidrostáticas.

En caso de corrosión externa, esto puede advertirse durante las rutinas de inspección, lo cual se remedia sustituyendo el tramo de tubo afectado. Si se presenta corrosión y el tubo no se reemplaza oportunamente, se corre el riesgo de falla de las mismas por debilitamiento de las paredes y disminución de la resistencia a presiones altas, provocando fuga de gas. *Ver caso Propano-1.*

Los riesgos potenciales identificados son fuga e incendio, ambos asociados a la presencia de una fuga de propano hacia la atmósfera a través de orificios de diversos tamaños y causados por distintas circunstancias.

Partiendo de las características de trasiego de propano a través de la manguera y tuberías de conducción y del análisis derivado de las preguntas anteriores, se establece que un orificio de dimensiones reducidas sería causado dado el diámetro de las tuberías; en mayor proporción por la acción de un agente externo sobre la manguera de trasiego o la tubería de conducción. Esta fractura o daño permitiría un flujo de gas suficiente para formar un evento de incendio tipo antorcha, en el remoto pero factible caso de encontrar una fuente de ignición dada las características de espaciamiento de la planta, ya que el límite inferior de inflamabilidad del Propano es de 1.9% en volumen respecto al aire, valorado esto dentro del caso Propano-1, indicado.

Que pasa si...

Se daña el manómetro del tanque de almacenamiento.?

Si se daña el manómetro del tanque de almacenamiento, esto no representa ningún riesgo, dado que este dispositivo únicamente registra la presión interior del tanque para su lectura directa, sin estar interconectado con otros sistemas de control.

Que pasa si...

Aumenta la presión en el interior del tanque?

Si aumenta la presión en el interior del tanque, dentro de su rango de operación normal, sin alcanzar la presión máxima permisible de trabajo, el sistema funciona correctamente, pero en caso de excederse la presión máxima permisible de trabajo, automáticamente actúan las válvulas de relevo de presión del tanque, aliviando la sobrepresión. Se descarta un evento de riesgo por esta condición.

Que pasa si...

Un agente externo provoca un impacto de regular intensidad en el tanque de almacenamiento?

El tanque de almacenamiento deberá estar rodeado de topes, para evitar un choque de vehículos; en caso de que algún agente externo chocara directamente, provocando orificio o ruptura mayor en el tanque que podrían presentar algunos eventos como fuga por orificio, o bien fuga y expansión violenta del gas con potencial explosión.

Como el daño está asociado al mismo volumen del tanque, esto ya será valorado dentro del caso P1 por el modelo ARCHIE Ver 1.0. Sin embargo, se modela para una pipa de transporte (estimada de máximo 100,000 litros que llene los 83.5m³ de la

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

mina) que es el equipo que pueda afectar en un impacto, al acercarse al tanque de almacenamiento.

Que pasa si...

Persiste demasiada humedad dentro del tanque presurizado?

En este caso se puede accionar la conexión a drenaje presentándose pequeñas fugas controladas. Se descarta la posibilidad de un evento riesgoso.

Que pasa si...

La conexión a drenaje sufre daño mecánico o ruptura por vibración o fuerza de chorro?

Se presentaría fuga de gas, sin embargo esta operación en la cual el operador abre y cierra la válvula correspondiente, es atendida en forma manual y sin periodos prolongados. En este caso se debe cambiar la conexión cerrando primero la válvula manual de globo. Se descarta la posibilidad de un evento riesgoso.

Resultado de lo anterior, los riesgos potenciales identificados son incendio y explosión, ambos asociados a la presencia de una fuga de propano hacia la atmósfera a través de un orificio causado por un agente externo debido a distintas circunstancias. También se ha identificado riesgo de explosión por sobrepresión en el tanque de almacenamiento causado por fallas en el sistema de las válvulas de desahogo de la presión interior.

Por lo anterior, se determinó mediante el análisis HAZOP, los Peligros Potenciales, es decir, se identificaron los eventos más significativos en cuanto a sus posibilidades de ocurrencia y la magnitud de sus emisiones. El resumen del análisis mencionado se presenta en forma tabulada para cada una de las situaciones identificadas. A partir del HAZOP se definieron los diversos escenarios.

Se cuantificaron las Probabilidades de Ocurrencia de los Peligros Potenciales identificados por el análisis HAZOP, utilizando consideraciones reportadas en la literatura especializada. De acuerdo a lo manifestado, los eventos riesgosos relacionados con la operación del proyecto minero, están en función de la probabilidad de ocurrencia del evento. Por lo anterior los riesgos, son los siguientes:

1) El evento que tiene mayor probabilidad de ocurrencia es la fuga de gas tanto en el sistema de tuberías como en la válvula de desahogo de presión en el tanque de almacenamiento; la primera incontrolada causada por un agente externo y la segunda, controlada causada por un incremento de la presión interior del tanque. El evento de fuga en las tuberías o en la manguera de trasiego a través de un orificio de pequeñas dimensiones puede provocar un incendio, si existe una fuente de ignición cercana.

2) El siguiente evento en probabilidad de ocurrencia se deriva de una fuga de gas en el tanque de almacenamiento originada por un agente externo que provoque daño en la estructura del tanque. Dado un evento de fuga en el tanque de almacenamiento es factible la presencia de un incendio si se encuentra una fuente de ignición cercana, o una explosión si se encontraran condiciones para el confinamiento del gas fugado.

3) Un último evento en probabilidad de ocurrencia se deriva del incremento de la presión interior del tanque causado por el aumento de la temperatura ambiental y/o por fallas en las válvulas de seguridad del tanque, de tal forma que la sobrepresión interior sea mayor que la presión máxima permisible de trabajo. Dado un evento de este tipo y debido a la explosión por sobrepresión que se presentara, es factible la presencia de trozos o metales lanzados a largas distancias.

Tabla VI.3. Análisis HAZOP del Propano

VI.2.3.5. Identificación de riesgos ambientales por el uso y manejo de hidróxido de sodio

En todo momento durante las operaciones metalúrgicas se mantendrán las soluciones de proceso en un circuito cerrado, sin descargas al entorno natural. Sin embargo, es importante conocer las características de calidad que se espera presente la solución rica ya que permitirá diseñar las medidas adecuadas de respuesta a emergencias en caso de derrames o infiltraciones accidentales que pudieran presentarse durante la operación del sistema de lixiviación. El hidróxido de sodio interviene en solución cianurada en apoyo al control del pH deseado. Para ello, se dispondrá de un tanque de mezclado de hidróxido de sodio de 9.53 m³ de solución. La revisión de las condiciones son las siguientes:

Que pasa si...

No existiesen señalizaciones en el andén de descarga?

Uno de los aspectos más cuidados por las distintas área que verifican el funcionamiento de la planta minera es el de las señalizaciones preventivas en toda la planta, razón por la cual se considera poco probable que esto suceda.

En el caso fortuito de ausencia de señalizaciones en el andén de descarga, existe el riesgo de que no se realicen las operaciones en la secuencia de seguridad establecida por la planta, o bien de que se ejecute en el sitio una o varias operaciones que pongan en riesgo la seguridad del sistema al descargar o maniobrar con los contenedores de hidróxido de sodio, el cual llega en estado líquido.

¿Que pasa si...

Se presenta fractura o coalición en las tuberías y/o equipos que conducen soluciones el hidróxido de sodio?

Las tuberías estarían protegidas contra corrosión en los puntos de apoyo o soportes, así como riesgos de fracturas con equipo o el mismo personal. En el caso de ser equipos como una batanga, esta tendría medidas de seguridad y de aviso para el transporte de la solución. En caso de corrosión externa, esto puede advertirse durante las rutinas de inspección, lo cual se remedia sustituyendo el tramo de tubo y/o equipo afectado.

Sin embargo en tanque de solución se descarta el evento por el volumen de contención, siendo más relevante en adelante, su participación en la solución cianurada de formación de ácido cianhídrico.

¿Que pasa si...

Un agente externo provoca un impacto de regular intensidad en el contenedor de hidróxido de sodio?

El contenedor de 9.53 m³ estará almacenado en área de mezclado y almacenamiento de cianuro, dentro de un dique de contención para evitar derrames a otras áreas. En caso de que algún agente externo, como un montacargas, chocara directamente, provocando orificio o ruptura de uno o más de los contenedores, se podría presentar un evento de derrame quedando contenido dentro del dique de contención.

Sin embargo por los valores IDLH y TLV se evaluará el comportamiento de la masa fugada debido a la cercanía de otras sustancias que pueda provocar reacción sinérgica (Caso sosa-1).

VI.2.3.6. Identificación de riesgos ambientales por el uso y manejo de cianuro de sodio

La nave de proceso ocupará una área aproximada de 48 m X 30 m. y abrigará todas las instalaciones de la planta Merrill-Crowe (MC) que incluye clarificadores, filtros de precipitación, horno de retorta y horno de fundición. Cercano a la nave industrial se construirá el área para el tanque de solución pobre, así como el área para almacenar y preparar las sustancias químicas para el proceso, como el *cianuro de sodio*. Estas áreas estarán cercadas con malla ciclónica y contarán con piso de concreto y cárcamos para contención de posibles derrames. La solución rica de patios se recibirá en la pileta de proceso, para de ahí enviarla a la planta MC y en el tanque de solución pobre se recibirá la solución que saldrá de la planta después del proceso de recuperación. Las tuberías de solución rica y pobre que conectan esta área con los patios, estarán colocadas sobre un canal impermeabilizado. También cualquier tubería que conecte esta área con la planta Merrill-Crowe estará sobre terreno impermeabilizado y con contención en caso de derrames.

Toda las áreas donde se manejen soluciones de proceso, sustancias y la escoria de fundición, estarán sobre terreno compactado con piso de cemento, de 0.2 a 0.3 m de espesor promedio. Las áreas de proceso contarán con varios cárcamos y bombas para contener posibles derrames de soluciones y regresarlos al proceso.

Sobre la base del patio de lixiviación, por encima de la membrana impermeable se colocará una capa de mineral triturado con tuberías perforadas para formar el sistema de drenaje donde se colectará y recuperará la solución rica y para reducir la cabeza hidrostática de las soluciones sobre la membrana plástica. La solución rica que drene del patio de lixiviación se descargará en la pileta de proceso desde donde se enviará a la planta Merrill-Crowe. Un segundo sistema de piletas (1-2) se construirá con doble membrana plástica. Un tercer sistema de piletas (3-4) será construido para asegurar suficiente capacidad de contención cuando las fases 3 y 4 del patio sean construidas y entren en producción

El mineral triturado será transportado por bandas y apilado usando un sistema de bandas portátiles sobre el patio impermeabilizado donde se someterá al riego con soluciones cianuradas. El mineral se irá colocando por medio de bandas y distribuido por medio de tractores. El mineral se distribuirá en capas de 10 m de altura, se colocarán un total de 16 capas por lo que la altura final del apilamiento será de 160 m.

Sobre cada capa de mineral se aplicarán, mediante riego por goteo, un promedio de 6.72l/hr/m^2 de solución pobre, que estará acondicionada a un pH entre 10. y 11 y una concentración de cianuro de 500 ppm. El riego para la extracción primaria de mineral durará 150 días y se estima que 3,750,000 ton de mineral estarán bajo lixiviación primaria en la capa que está siendo sujeta a riego. Las capas que se encuentren por debajo de la capa sujeta a riego serán lixiviadas en forma secundaria, terciaria, etc. según sea el número de capa de que se trate. Las reacciones genéricas que se darán en el proceso de lixiviación en los patios son:



Otras reacciones que se dan, en forma menos estable, son las de hidrólisis y la oxidación del cianuro de acuerdo a lo siguiente:



En todo momento durante las operaciones metalúrgicas se mantendrán las soluciones de proceso en un circuito cerrado, sin descargas al entorno natural. Sin embargo, es importante conocer las características de calidad que se espera presente la solución rica ya que permitirá diseñar las medidas adecuadas de respuesta a emergencias en caso de derrames o infiltraciones accidentales que pudieran presentarse durante la operación del sistema de lixiviación. Otro aspecto sería la potencial liberación de ácido cianhídrico si la solución cianurada no se mantiene a un pH adecuado (>10 unidades) , por lo que se tendrá un estricto control del pH en las soluciones de proceso mediante la adición de cal y/o hidróxido de sodio.

El cianuro de sodio se recibirá al 98% en peso en estado sólido con un consumo estimado de 3600 ton/año, con capacidad máxima de almacenamiento de 50 ton (36 flobins) en planta. En proceso existirán tres tanques de solución para su intervención en las distintas fases todos en una concentración del 26% de peso seco: un tanque de solución pobre de 1,767 m3 ubicada en Planta Merrill-Crowe; un tanque de mezclado de cianuro de sodio de 34 m3 en área de mezclado y almacenamiento de cianuro; y un tanque de distribución de cianuro de 51 m3 en área de mezclado y almacenamiento de cianuro. Las condiciones revisadas de esta sustancia son:

¿Que pasa si...

No existiesen señalizaciones en el andén de descarga?

En el caso fortuito de ausencia de señalizaciones en el andén de descarga, existe el riesgo de que no se realicen las operaciones en la secuencia de seguridad requerida, o bien de que se ejecute en el sitio una o varias operaciones que pongan en riesgo la seguridad del sistema de trasiego del cianuro de sodio, o del propio vehículo al llegar a descargar el cianuro.

En este caso, se está sujeto a la experiencia y habilidad de los operadores, hasta que se coloquen las señalizaciones con la consiguiente posibilidad de golpear y dañar el sistema de conducción y descarga o en un momento dado dañar los tanques de almacenamiento.

No se descarta la posibilidad de que esto ocurriese provocando orificio o ruptura mayor en el tanque se podrían presentar algunos eventos como fuga por orificio, o bien fuga y derrame, pero el material es recibido en estado sólido dentro de contenedores, donde las afectaciones pueden ser localizadas en superficie cementada e impermeabilizada.

¿Que pasa si...

Durante un derrame generado en el almacenamiento de cianuro de sodio en solución ocurriera un desborde de la sustancia, debido a fallas o errores en la construcción o compactación del muro de contención, en la planta?

Las fallas en la construcción del muro de contención se significan por la poca resistencia que esta presenta a la fuerza de empuje del material derramado presentando puntos débiles que en un momento dado pueden ceder provocando un derrame del material por la presencia de grietas o rompimiento parcial o total del bordo.

Las afectaciones serán distintas dependiendo si se trata del tanque de solución pobre de 1,767 m³ ubicada en Planta Merrill-Crowe (caso cianuro-1), si acaso ocurre en el tanque de mezclado de cianuro de sodio de 34 m³ en área de mezclado y almacenamiento de cianuro (caso cianuro-2) ó en el tanque de distribución de cianuro de 51 m³ en área de mezclado y almacenamiento de cianuro (caso cianuro-3) debido a los volúmenes y ubicación de los tanques.

Si este evento ocurre podría presentarse un derrame del líquido que se canalizarían a la planta de acuerdo a la pendiente existente. Si la falla fuera pequeña de tal forma que provocara únicamente infiltraciones laterales, el líquido se canalizará solamente a través de las rejillas de desagüe, descartándose cualquier riesgo de contaminación de cuerpos de agua o desaparición de especies.

¿Que pasa si ...

Durante el envío del cianuro de sodio desde su almacenamiento hacia la planta, hubiese rompimiento o fractura de la tubería o manguera debido a factores internos (obviar la señalización, mala desempeño del operario, etc.)?

Se presentaría una fuga de pequeñas dimensiones que se limitaría a un accidente menor en los alrededores de la planta considerándose que el riesgo ambiental derivado de una fuga o derrame de estas características, puede descartarse. Sin embargo hay que analizar la formación de nubes tóxicas ante una fuga o derrame. Las revisiones de esta situación se contemplan en los casos cianuro-1, cianuro-2 y cianuro-3.

¿Qué pasa si...

Existe una liberación del cianuro de sodio del trasiego, almacenamiento o en proceso?

La liberación de cianuro de sodio en cualquiera de las tres condiciones sea por fuga que desencadena en derrame, generaría vapores tóxicos por la formación de ácido cianhídrico en el ambiente, lo que hace necesario evaluar su impacto.

VI.2.4. Jerarquización de riesgos ambientales

Derivado de la revisión de los eventos riesgosos asociados al manejo y uso de las sustancias, se generó la siguiente matriz de jerarquización:

Tabla VI.4. Matriz de jerarquización de los eventos riesgosos de las sustancias en el proyecto minero Dolores

| Sustancia | Evento | Probabilidad de ocurrencia | | | Exposición | | | Consecuencias | | | | Magnitud del riesgo | | | |
|-----------|--------------------|----------------------------|----------|--------------------|------------|-----------|----------|---------------|-------|-------|--------------|---------------------|------------|----------|---|
| | | Poco probable | Probable | Altamente probable | Mínima | Ocasional | Continua | Leve | Seria | Grave | Catastrófica | Aceptable | Sustancial | Muy alto | |
| 1 | Gasolina | Fuga | | * | | * | | | * | | | | * | | |
| | | Derrame | * | | | * | | | | * | | | | * | |
| | | Incendio | * | | | * | | | | * | | | | * | |
| | | Explosión | * | | | * | | | | | * | | | * | |
| 2 | Diesel | Fuga | | * | | * | | | * | | | | * | | |
| | | Derrame | | * | | * | | | * | | | | | * | |
| | | Incendio | * | | | * | | | | * | | | | * | |
| | | Explosión | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Nitrato de amonio | Fuga | | | | | | | | | | | | | |
| | | Derrame | | | | | | | | | | | | | |
| | | Incendio | | | | | | | | | | | | | |
| | | Explosión | * | | | | * | | | | | * | | | * |
| 4 | Propano | Fuga | | * | | * | | | * | | | | * | | |
| | | Derrame | * | | | * | | | | * | | | | | * |
| | | Incendio | * | | | * | | | | * | | | | | * |
| | | Explosión | * | | | * | | | | | * | | | | * |
| 5 | Hidróxido de sodio | Fuga | | * | | * | | | * | | | | * | | |
| | | Derrame | * | | | | * | | | * | | | * | | |
| | | Incendio | | | | | | | | | | | | | |
| | | Explosión | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Cianuro de sodio | Fuga | | * | | * | | | * | | | | * | | |
| | | Derrame | * | | | | * | | | * | | | | * | |
| | | Incendio | | | | | | | | | | | | | |
| | | Explosión | | | | | | | | | | | | | |

En el caso de las condiciones de trasiego y almacenamiento de gasolina, el evento de fuga sí es probable que ocurra, sobre todo en las labores de trasiego del combustible, con exposición mínima al ser controlable, de consecuencia leve y con magnitud de riesgo aceptable.

Si esa fuga genera derrame del líquido, éste es poco probable que desarrolle, pero tendría consecuencias serias de ser así porque se expone a encontrar una fuente de ignición que tendría magnitud de riesgo sustancial donde deberán existir procedimientos de control ya que al desencadenar en un incendio de consecuencias graves, y aunque sea poco probable una explosión, de ocurrir ésta puede tener consecuencias serias en daños materiales y potencialmente pérdidas humanas.

En el caso del diesel, de presentarse una fuga, es probable que tenga consecuencias leves de derrame, pero de serias consecuencias si desencadena en incendio, sobre todo con una magnitud de riesgo sustancial al compartir espacio en el área de combustibles donde está la gasolina, muy susceptible de reaccionar en cadena.

En el manejo del nitrato de amonio en el polvorín, no hay fuga o derrame, pero simplemente un mal manejo, estiba o fuente de ignición directa a la sustancia, desencadenaría en explosión, la cual aunque es poco probable, tendría consecuencias catastróficas, a ser evaluadas por la naturaleza de la sustancia, al tener una magnitud de riesgo alto.

El propano por su parte, tanto en la fuga de gas como la dispersión del mismo, son de probabilidad baja de ocurrir, con exposición mínima, pero al estar inmerso en una línea de servicio, interrumpiría esto y puede desencadenar en daño mayor al tener consecuencias serias de ocurrir incendio y grave si llega a haber explosión de la sustancia.

Para el hidróxido de sodio, las condiciones de jerarquización arroja que un evento de fuga es probable que se lleve a cabo, pero de suceder ésta, los riesgos de exposición son mínimos, con consecuencias leves y un riesgo aceptable dentro del área de almacenamiento en planta o como fluido en proceso vía solución. En derrame del líquido es poco probable que se desarrolle y desencadene en dispersión de nubes tóxicas, donde la exposición sería ocasional pero de consecuencias serias y magnitud de riesgo aceptable.

En el caso del cianuro de sodio, bajo las condiciones sobre las cuales se proyectan las instalaciones, los eventos que tienen mayor probabilidad de ocurrencia serían fugas y derrames con probabilidades de que se presente un evento de esta naturaleza. En el caso de presentarse la exposición puede ser ocasional con la relevancia de la formación de nubes tóxicas de ácido cianhídrico y ocasional en el caso de derrames con consecuencias de leves a serias según el caso. La magnitud del riesgo es aceptable para el caso de fuga controlada y sustancial en caso de derrame de soluciones cianuradas fuera del área contenida del proyecto.

VI.2.5. Evaluación de riesgos

Los resultados de las modelaciones de riesgo se sintetizan en las siguientes secciones según cada sustancia evaluada. Las memorias de cálculo que reportan los datos aquí presentados se incluyen en el Anexo V.

VI.2.5.1. Evaluación de riesgos ambientales por el uso y manejo de gasolina

En la evaluación de fuga y derrame de gasolina realizada con el modelo ARCHIE Ver1.0, se asoció un evento de fuga/derrame al trasiego de gasolina por autotanque de 15m³ (caso Gasolina-1), y por fractura, corrosión y/o colisión en tanque de almacenamiento de 12.27 m³ (caso Gasolina-2). Se presentan los datos alimentados en ambos casos, describiendo con más detalle el caso Gasolina-2 de la planta por ser la naturaleza de interés al proyecto.

Tabla VI.5. Datos suministrados en la evaluación de riesgos de la gasolina

| Parámetro | Evento riesgoso de la gasolina | |
|-------------------------------|---|---|
| | Caso Gasolina-1 | Caso Gasolina-2 |
| Evento | Transporte | Almacenamiento |
| Descripción | Transporte y trasiego de tanque a la mina en tanque de 15 m ³ | Almacenamiento en mina dolores en tanque de 2.5 x 2.5 m con capacidad de 12.27 m ³ |
| IDLH (ppm) | 1100 | 1100 |
| Masa | 15 m ³ (31,700 libras) | 12.27 m ³ (25,931 libras) |
| Masa para explosión | 3,170 libras (10% Pág. 40 de la guía de riesgo de SEMARNAT Nivel 3, Nivel tres.pdf) | 2,593 libras (10% Pág. 40 de la guía de riesgo de SEMARNAT Nivel 3, Nivel tres.pdf) |
| Densidad (g/cm ³) | 0.86 | 0.86 |
| Velocidad del viento | 2.5 m/s (5.6 mph) | 2.5 (5.6 mph) |
| Estabilidad atm (Pasquill) | F | |
| Definición | Peor situación: Condición moderadamente estable (para velocidad de viento entre 4.5-6.7 mph, condición de noche, con más de 3/8 cielo cubierto por nubes) | |
| Peso molecular | 107 | 107 |
| Presión | 1 mm Hg | 1 mm Hg |
| Temp. Ambiente (°C) | 29.5 (87.07 °F) | 29.5 (87.07 °F) |
| Temp. Contenedor (°C) | 30 (95 °F) | 30 (95 °F) |
| Temp. Ebullición (°C) | 220 (428 °F) | 220 (428 °F) |

Nota: Datos adicionales a los requerimientos del Informe técnico de riesgo

En este segundo caso (Gasolina-2), se indica que por desprendimiento de tubería al área de recibo o fractura en el tanque equivalente a 4 pulgadas, el promedio de la tasa de descarga es de 1.15 m³/min, durante 10.6 minutos, descargando los 12.27 m³ de masa en estado líquido.

El área estimada de derrame es de 117 m², si sucediera en superficie expuesta, pero en la planta, quedaría contenido en dique de contención del área de combustibles, que sólo en caso de encontrarse una fuente de ignición (improbable por ser restricción de fuentes de flama), suficiente aireación y un total descuido del personal, puede desencadenar hacia un incendio o explosión. Sin embargo por el diseño de las bases de cimentación donde estará el

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

tanque, se podrá contener la totalidad del volumen derramado del tanque de 12.27 m³ en caso de suceder. El reto es entonces, que si se derrama combustible, no exista una fuente de ignición cercana.

En cuanto a la generación de vapores tóxicos, derivado de un evento de derrame como el caso arriba descrito con la gasolina (destacando caso gasolina-2), y por la experiencia en el tipo de información necesaria de resaltar, la distancia a nivel de suelo y a favor del viento donde permanecen dichas concentraciones es a los 84.12 m. Los valores de dispersión tóxica se muestran a continuación:

Tabla VI.6. Dispersión tóxica de los gases generados por la gasolina derramada

| Distancia a favor del viento (metros) | Concentración a nivel del suelo (ppm) | Tiempo de arribo de los vapores al sitio (min) | Tiempo de salida de los vapores del sitio (min) | Ancho de la Zona de Evacuación * (en metros) |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|--|
| Caso G1 | | | | |
| 30.5 | 21,887 | 0.3 | 8.1 | 128 |
| 136 | 1100 | 1.2 | 9.9 | 490 |
| 271 | 300 | 2.3 | 12.2 | 0.3048 |
| Caso G2 | | | | |
| 30 | 21,887 | 0.3 | 8.1 | 128 |
| 84.12 | 1100 | 1.2 | 9.9 | 490 |
| 217 | 300 | 2.3 | 12.2 | 0.3048 |

* La distancias estimadas para la zona de evacuación son usualmente seguras para periodos de 0.5 hora. Evacuaciones mayores requerirán en todo caso mayores distancias o en su defecto una evacuación en sentido diferente a la dirección del viento.

Los vapores tóxicos de generarse, tendrán un efecto residual en el ambiente, persistiendo hasta más de una hora, que en caso de suceder, promueve la aplicación inmediata de las acciones de seguridad para efectos de información a la población y evacuación. Esto será destacado durante la operación a través del Programa de Prevención de Accidentes (PPA). El modelo ARCHIE Versión 1.0 permite distinguir las distancias de seguridad y los tiempos de arribo de la dispersión tóxica a tales distancias. En nubes tóxicas dispersadas ó por el líquido expuesto derramado (cualquiera que sea el caso) repercuten en un riesgo potencial de flamabilidad; por ello se estimó el riesgo de acuerdo a los Límites de Flamabilidad de la sustancia. De acuerdo a la modelación con el software ARCHIE Ver,1.0, dando los siguientes resultados:

Tabla VI.7. Riesgos de flamabilidad de la gasolina

| Resultados | Caso G1 | | Caso G2 | |
|---|---------|-------|---------|------|
| | ½ LIF | LIF | ½ LIF | LIF |
| Distancia de peligro a favor del viento en metros | 148.1 | 102.1 | 91.74 | 86.3 |
| Máxima zona de peligro, metros. | 74.1 | 51.2 | 31.69 | 28.4 |
| Peso máximo del gas explosivo en libras | 1783 | 1226 | 501 | 441 |
| Densidad relativa inicial gas/aire | 2.37 | 2.37 | 2.37 | 2.37 |

LIF: Límite inferior de flamabilidad

Destacando el almacenamiento de gasolina (caso Gasolina-2), si los valores de flamabilidad de la sustancia encuentran (durante el evento de una fuga no controlada), que existieran condiciones favorables de oxígeno, fuente de ignición, suficiente material combustible y total descuido del personal, la distancia de peligro a favor del viento es de 91.74m, donde la máxima zona de peligro está representada a los 31.69 m de la fuente, es decir que el calor del incendio dañaría severamente a las estructuras y la población expuesta podría morir. Los resultados esperados por las llamas al presentarse un incendio para los dos casos en revisión serían los siguientes:

Tabla VI.8. Riesgo potencial de incendio con gasolina

| Resultados | Distancia (m) | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Caso Gasolina-1 | Caso Gasolina-2 |
| Radiación máxima de la bola de fuego: | 19.32 | 6.03 |
| Altura máxima de la bola de fuego: | 50.9 | 18.65 |
| Radio de la zona fatal: | 62.18 | 30.41 |
| Radio de la zona de daños: | 89 | 44.07 |

En el almacenamiento de gasolina en el proyecto Dolores (caso gasolina-2), la radiación máxima de una bola de fuego producida por el incendio en el área de recibo de gasolina, quemando este mismo combustible, se encuentra a 6.03 m de radio del sitio del evento. La altura máxima que alcanzarán las llamas serían de 18.65 m donde la zona fatal de la población expuesta es a los 30.41 m y los daños severos e irreversibles a las estructuras quedan marcados a los 44.07 m de radio. Por último, de acuerdo a las características de flamabilidad de la gasolina, se estimó el alcance ante un riesgo de explosión donde las aproximaciones generadas por el modelo son las siguientes:

Tabla VI.9. Efecto de las modelaciones realizadas para explosión de gasolina (Efectos de la explosión de una nube de gas no confinada)

| Daños Esperados | Distancia de la explosión (m) | | Sobrepresión (psi) * |
|--|-------------------------------|-----------------|----------------------|
| | Caso Gasolina-1 | Caso Gasolina-2 | |
| Ruptura ocasional de grandes ventanas | 4327 | 2225 | <0,3 |
| Ventanas estrelladas, algunos daños en estructuras | 394 | 394 | 1,0 – 0,5 |
| Destrucción del 50% de casas de ladrillo** | 118.3 | 65.8 | 2,5 |
| 99% de probabilidad de muerte de la población expuesta a los efectos directos de la explosión. | 30.78-42.98 | 18.6-26.82 | >10,0 |

* / Valores de sobrepresión de acuerdo a V.J. Clancey. / ** / Distancia considerada en los diagramas de pétalos

En este evento riesgoso, es importante suponer que el centro de la explosión de un gas no confinado puede ser en cualquier parte del área cubierta por la pluma o nube del gas y que el evento se presenta en ausencia de barreras de protección por ello los radios presentados son unidireccionales, pero seguirán la tendencia de la dirección del viento. Si la explosión se presentara únicamente por efectos de sobrepresurización del tanque de almacenamiento mediante el calentamiento de la masa de gas, los efectos serían muy similares y probablemente menores, sin embargo debido a la ruptura repentina del tanque, fragmentos de este pueden ser lanzados a considerable distancia.

Es importante destacar que las labores de trasiego son más significativas que el almacenamiento mismo en planta minera, debido a un mayor volumen contenido (15 m³ contra 12.27 m³ almacenado) y a las labores de descarga del combustible. En el Anexo V, se presenta en resguardo dicha modelación. En la Fig. VI.1 se muestra el diagrama de pétalos de la gasolina.

Figura VI.1 Diagrama de pétalo de la gasolina

VI.2.5.2. Evaluación de riesgos ambientales por el uso y manejo de diesel

Para el evento de fuga que genere derrame, el diesel fue evaluado con el simulador ARCHIE Ver,1.0. Se considera un tanque de almacenamiento donde los eventos están asociados al trasiego en el área de recibo con el autotanque de mayor capacidad en mina (250,000 litros) revisado como caso diesel-2. Una vez que el diesel ya está en almacenamiento dentro de la instalación minera, y de suceder una fractura en el tanque por un evento de corrosión, colisión o vandalismo, el área máxima de fuga/derrame del líquido se evaluó como caso diesel-1 en uno de los tres tanques, pero el de mayor capacidad (278 m³ al 100% de concentración). En ambos casos supuso el derrame sin que nadie se percate del evento durante 15 minutos, y a la vez exista una fuente de ignición que genere un incendio. Los datos alimentados para el modelo son los siguientes:

Tabla VI.10. Datos suministrados en la evaluación de riesgos del diesel

| Parámetro | Evento riesgoso del diesel | |
|-------------------------------|---|---|
| | Caso diesel-1 | Caso diesel-2 |
| Evento | Almacenamiento | Trasiego |
| Descripción | Tanque de almacenamiento en mina dolores de mayor capacidad | Transporte y trasiego de tanque a la mina |
| IDLH (ppm) | 5 mg/m ³ (1.12ppm) | 5 mg/m ³ (1.12 ppm) |
| Masa | 278 m ³ (587,518.6 libras) | 250,000 litros |
| Masa para explosión | 58,751 libras (10% Pág. 40 de la guía de riesgo de SEMARNAT Nivel 3, Nivel tres.pdf) | 25,000 litros (10% Pág. 40 de la guía de riesgo de SEMARNAT Nivel 3, Nivel tres.pdf) |
| Densidad (g/cm ³) | 0.86 | 0.86 |
| Velocidad del viento (m/s) | 2.5 (5.6 mph) | 2.5 (5.6 mph) |
| Estabilidad atm (Pasquill) | F | |
| Definición | Peor situación: Condición moderadamente estable (para velocidad de viento entre 4.5-6.7 mph, condición de noche, con más de 3/8 cielo cubierto por nubes) | |
| Peso molecular | 114 | 114 |
| Presión | 1 mm Hg | 1 mm Hg |
| Temp. Ambiente (°C) | 29.5 (87.07 °F) | 29.5 (87.07 °F) |
| Temp. Contenedor (°C) | 30 (95 °F) | 30 (95 °F) |
| Temp. Ebullición (°C) | 180 (356°F) | 180 |
| Punto fusión (°C) | 15 | 15 |

Nota: Datos adicionales a los requerimientos del Informe técnico de riesgo

En cuanto a los vapores tóxicos producidos por el derrame del diesel en trasiego y en tanque de almacenamiento, también evaluados por el modelo ARCHIE Versión1.0, se presenta una toxicidad conocida de 5 mg/m³ donde derivado de la masa fugada en el evento de fuga, a nivel de piso existirían concentraciones hasta los 16 m con el volumen derramado en el trasiego y hasta 184.4 m de dispersión tóxica en el caso del tanque de almacenamiento.

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

Estas plumas de dispersión tóxicas son a favor del viento. Para efectos de descripción, se detalla el peor evento de dispersión de nubes tóxicas, asociadas al derrame del tanque de almacenamiento.

Considerando el derrame de mayor volumen (278 m³ del tanque de almacenamiento), los tiempos de dispersión de la nube tóxica en el ambiente persistirían, lo que promueve acciones de seguridad para efectos de información a la población y evacuación, donde las distancias y tiempos indicados deberán ser consideradas en el programa de prevención de accidentes para el desarrollo minero. Como puede observarse, la dilución de las

concentraciones del diesel ocurre muy rápido, por lo que los riesgos asociados a la toxicidad de este combustible y la probabilidad de ocurrencia, lo hacen un riesgo aceptable.

Tabla VI.11. Dispersión de vapores tóxicos generados por el derrame del Diesel desde el tanque de almacenamiento (caso diesel-1)

| Distancia a favor del viento (metros) | Concentración a nivel del suelo (ppm) | Tiempo de arribo de los vapores al sitio (min) | Tiempo de salida de los vapores del sitio (min) | Ancho de la Zona de Evacuación * (en metros) |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|--|
| 30.5 | 4.15 | 0.3 | 4557.1 | 112.7 |
| 125.6 | 1.12 (5mg/m ³) | 3.4 | 4563.2 | 1386 m |
| 247.5 | 0.08 | 8.8 | 4574.1 | 0.304 m |

* La distancias estimadas para la zona de evacuación son usualmente seguras para periodos de 0.5 hora. Evacuaciones mayores requerirán en todo caso mayores distancias o en su defecto una evacuación en sentido diferente a la dirección del viento.

Si el derrame de mayor volumen y su nube tóxica asociada se expone a una fuente de ignición puede generarse un incendio. Para incendio se utilizó el modelo ARCHIE Versión1.0, arrojando como resultados de la estimación de riesgo de flamabilidad para la nube de gas los siguientes resultados:

Tabla VI.12. Riesgos de flamabilidad del combustible diesel

| Evento | Caso diesel-1 | | Caso diesel-2 | |
|---|---------------|-------|---------------|-------|
| | ½ LIF | LIF | ½ LIF | LIF |
| Distancia de peligro a favor del viento en metros | 47.55 | 30.78 | 57.3 | 35.36 |
| Máxima zona de peligro, metros | 29.87 | 20.42 | 23.77 | 17.07 |
| Peso máximo del gas explosivo en kg | 47 | 32 | 47 | 32 |
| Densidad relativa inicial gas/aire | 1.94 | 1.94 | 1.94 | 1.94 |

Esto significa que en los límites medios de inflamabilidad, la distancia de peligro resulta a favor del viento, donde la máxima zona de peligro dañaría severamente a las estructuras y la población expuesta puede morir. Los resultados esperados por las llamas al presentarse un incendio serían los siguientes:

Tabla VI.13. Riesgo potencial de incendio con el combustible Diesel

| Evento | Caso diesel-1 | Caso diesel-2 |
|---|----------------------|----------------------|
| Diámetro de la bola de fuego en m: | 196.6 | 199.9 |
| Altura máxima de la bola de fuego en m: | 216.7 | 207 |
| Radio de la zona fatal en m: | 97.8 | 91.7 |
| Radio de la zona de daños en m: | 139 | 135.6 |
| Duración de la bola de fuego en seg: | 17 | 17 |

La radiación máxima de una bola de fuego producida por el incendio en el área de recepción de diesel, quemando este mismo combustible se encuentra dentro de los límites del proyecto minero. En la figura VI.2 se muestra el diagrama de pétalos como radio de afectación máxima en caso de un evento no controlado por el uso y manejo de diesel en la mina Dolores. En el Anexo V se presenta las memorias de cálculo de la modelación.

Figura VI.2 Diagrama de pétalo para diesel

VI.2.5.4. Evaluación de riesgos ambientales por el uso y manejo de propano

Las condiciones que conducen a un peligro de fuga, de incendio o de explosión en el almacenamiento de gas propano que cuenta con un tanque de almacenamiento de 38 m³ (caso propano-1) para el suministro de gas como combustible, así como la pipa de suministro (caso propano-2), fueron simuladas mediante un sistema de cómputo utilizando el software ARCHIE Ver1.0. Es importante señalar que para la interpretación de los resultados del modelo de simulación, se han tomado en cuenta los siguientes insumos:

Tabla VI.14. Datos suministrados en la evaluación de riesgo asociado al propano

| Parámetro | Propano | |
|----------------------------|---|---|
| | Propano-1 | Propano-2 |
| Evento | Almacenamiento | Transporte |
| Descripción | Tanque de almacenamiento en mina dolores | Transporte y trasiego de tanque a la mina |
| IDLH (ppm) | 2000 | 2000 |
| Masa | 38 m3 | 25 m3 |
| Masa para explosión | 3.8 m3 (10% Pág. 40 guía de riesgo de SEMARNAT Nivel 3, Nivel tres.pdf) | 2.5 m3 |
| Densidad (g/cm3) | 0.504 | 0.504 |
| Velocidad del viento | 2.5 m/s (5.6 mph) | 2.5 m/s (5.6 mph) |
| Estabilidad atm (Pasquill) | F | |
| Definición | Peor situación: Condición moderadamente estable (para velocidad de viento entre 4.5-6.7 mph, condición de noche, con más de 3/8 cielo cubierto por nubes) | |
| Peso molecular | 44 | 44 |
| Presión | 1 mm Hg | 1 mm Hg |
| Temp. Ambiente | 29.5 oC (87.07 oF) | 29.5 oC (87.07 oF) |
| Temp. Contenedor | 30 oC (95 oF) | 30 oC (95 oF) |
| Temp. Ebullición | 42 oC (44 oF) | 42 oC (44 oF) |

Nota: Datos adicionales a los requerimientos del Informe técnico de riesgo

Por otra parte, los supuestos considerados se mencionan a continuación:

- Los efectos sobre fugas, incendio y explosión del combustible se han sobreestimado con la finalidad de extremar las medidas de protección. Del total del combustible se ha realizado el análisis de riesgos para el caso de fuga, incendio y explosión en un tanque de 38 m³.
- En el primer evento, la presencia de una fuga considera la evaluación del riesgo por efectos de la toxicidad del material así como los riesgos consecuentes de formación de nubes; en el segundo, se evalúa el incendio de la fuga de gas a presión del tanque

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

(Jet Fire) y en el último evento se ha considerado la explosión de una nube de gas (Fireball) mediante la presencia de una chispa y la explosión del tanque por sobrepresión.

- En la evaluación de la explosión de una nube de gas/aire no confinada, se considera que ésta puede llevarse a cabo en cualquier parte del área sobre la cual se encuentre la nube o pluma de gas.
- En la evaluación de riesgos, se supone el peor de los casos; es decir, las condiciones más adversas del evento lo cual minimiza la probabilidad de que ocurran accidentes de tal magnitud, o en su defecto y en caso de ocurrir, los efectos serían menores.
- Cuando se estiman los datos sobre la dispersión de nubes tóxicas, así como los efectos de un incendio o una explosión, no se consideran elementos que pudiesen amortiguarlos, tales como bardas, barreras de árboles, presencia de automóviles, oficinas o edificaciones, etc.

Los eventos mencionados anteriormente, como ya se identificó en el análisis What if..., pueden presentarse en caso propano-1) una fractura, daño y/o colisión en tanque de almacenamiento de 38 m³ y caso propano-2) por autotanque que alimenta al tanque de almacenamiento de propano en planta minera.

Los valores de la emisión al presentarse un evento (ruptura) según el modelo serían los siguientes:

Tabla VI.15. Valores de descarga del gas propano

| Evento | Caso P1 | Caso P2 |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|
| Cantidad descargada: | 38 m ³ | 25 m ³ |
| Velocidad máxima de descarga: | 15.57 lbs/min | 1.85 lbs/min |
| Estado del material: | Gas | Gas |
| Duración de la descarga: | 2.69 | 15 min |

En el caso del tanque de almacenamiento (caso Propano-1) significa que al presentarse un evento de esta naturaleza, es decir la ruptura accidental o provocada del tanque de almacenamiento con un orificio de máximo 5 cm, el tanque descargará los 38 m³ de gas con un flujo promedio de 15.57 lbs/min durante 2.69 minutos. En el trasiego (caso Propano-2), lo anterior significa que al presentarse un evento de esta naturaleza, es decir la ruptura accidental de una válvula de seguridad o fractura del casco provocada por un agente externo, el tanque de suministro descargará los 25 m³ de gas con un flujo promedio de 1.85 lbs/min durante 15 minutos.

Este procedimiento asume distintas situaciones que se llegaran a presentar, sin embargo independientemente del tiempo de respuesta de los sistemas de detección y/o los sistemas de corte de emergencias, el flujo de la descarga no se detendrá antes de que el contenido del tanque quede vacío, es decir se descargará todo el contenido del tanque ya que el evento presupone una fuga incontrolada de gas.

Análisis de dispersión de los vapores tóxicos:

En el tanque de almacenamiento (caso propano-1), los resultados encontrados de peligro de intoxicación por los vapores emitidos en dirección del viento y a nivel del suelo corresponden a una distancia por debajo de 70.4 metros, incrementándose conforme disminuye la distancia, no existiendo prácticamente diferencia con respecto a la altura de la emisión de gas. En este caso particular, tampoco las condiciones ambientales revisten suma importancia ya que a velocidades del viento de 2.5 m/s, la distancia de peligro no se ve reducida. En el caso del autotanque de trasiego por su parte (caso propano-2), los resultados encontrados de peligro de intoxicación por los vapores emitidos en dirección del viento y a nivel del suelo corresponden a una distancia por debajo de 36.6 metros. En este caso particular, tampoco las condiciones ambientales revisten suma importancia ya que a velocidades del viento señaladas, la distancia de peligro no se ve reducida. Por otra parte, la concentración máxima a nivel del suelo se encontraría a una distancia de 61.3 metros a favor del viento, con respecto a la descarga especificada en la evaluación.

El comportamiento de dispersión de los vapores tóxicos peligrosos con respecto a las distancias, concentraciones, zona de evacuación, tiempo de arribo de los vapores en función de la distancia y el tiempo de permanencia de los mismos, se muestra en las siguientes tablas:

Los parámetros considerados para la evaluación del incendio provocado bajo las condiciones descritas indican que los resultados de la estimación de riesgo de flamabilidad para la nube de gas, son los siguientes:

Tabla VI.16. Evaluación de riesgo de incendio del gas propano

| Evento | Caso propano-2 | | Caso propano-1 | |
|---|----------------|------|----------------|------|
| | ½ LIF | LIF | ½ LIF | LIF |
| Distancia de peligro a favor del viento en metros | 3.54 | 3.63 | 3.54 | 3.63 |
| Máxima zona de peligro, metros | 3.14 | 3.99 | 3.14 | 3.99 |
| Peso máximo del gas explosivo en kg | 1083 | 1026 | 1083 | 1026 |
| Densidad relativa inicial gas/aire | 2.37 | | | |

Bajo las condiciones anteriores la presencia de una explosión en nubes conteniendo menos de 38 m³ en el caso del almacenamiento de propano, es improbable que suceda cuando esta no se encuentra completamente confinada, como este es el caso. Los resultados que se esperarían al alcanzar la nube en este caso no explosiva, un punto de ignición y presentarse un incendio, serían los siguientes:

Tabla VI.17. Riesgos de incendio generado por gas propano.

| Evento | Caso propano-2 | Caso propano-1 |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| Altura de la flama en m | 5.52 | 4.94 |
| Radio de la zona fatal en m | 6.58 | 6.58 |
| Distancia de salvaguarda en m | 30.78 | 30.78 |

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

Los resultados esperados por las llamas al presentarse una bola de fuego serían los siguientes:

Tabla VI.18. Riesgo de fuego por el gas propano

| Evento | Caso propano-2 | Caso propano-1 |
|---------------------------------------|----------------|----------------|
| Radiación máxima de la bola de fuego: | 47.24 m | 47.24 m |
| Altura máxima de la bola de fuego: | 56.08 m | 56.08 m |
| Radio de la zona fatal: | 20.12 m | 20.12 m |
| Radio de la zona de daños: | 30.78 m | 30.78 m |
| Duración de la bola de fuego: | 10.8 seg | 10.8 segundos |

Nubes no confinadas

Una explosión que involucra una nube o pluma de gas no confinado o parcialmente confinado podría ocurrir cerca del suelo o a una altura relativamente elevada dependiendo de la fuente de descarga. Puesto que las explosiones cercanas al suelo causan mas daño que las cargas explosivas al aire libre, se ha considerado en el presente ejercicio que el evento se llevaría a cabo a una altura cercana al suelo de tal forma que el suelo refleja sustancialmente una mayor energía de las ondas expansivas en forma ascendente y hacia los lados y no una disipación de las ondas de choque en una posible dirección como lo sería una explosión a una altura considerable. Los efectos resultantes esperados de la explosión de nubes explosivas no confinadas, son los siguientes:

Tabla VI.19. Efectos explosivos de vapores no confinados

| Daños esperados | Sobrepresión (psi) (**) | Distancia de la Explosión (m) | |
|---|-------------------------|-------------------------------|----------------|
| | | Caso propano-2 | Caso propano-1 |
| Daños ocasionales a techos. 10% de ventanas rotas | 0.3 | 502.7 | 644.65 |
| 50% de destrucción de casas de ladrillo | 2.5 | 16.7 | 11.58 |
| Rango entre 99-100% de muerte entre la población expuesta debido a los efectos directos de la explosión | > 10.0 | De 1.8-5.18 | 3.65-4.87 |

(*) distancia considerada en los diagramas de pétalos. (**) Valores propuestos por V.J. Clancey

Por otra parte. es de suponerse que el centro de la explosión de un gas no confinado puede ser en cualquier parte del área cubierta por la pluma o nube del gas y que el evento se presenta en ausencia de barreras de protección.

Explosión por sobrepresión

En el supuesto de que la explosión se presentara únicamente por efectos de sobre presurización del tanque de almacenamiento mediante el calentamiento de la masa de gas,

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

los efectos serían muy similares y probablemente menores, sin embargo debido a la ruptura repentina del tanque, fragmentos de este pueden ser lanzados a considerable distancia.

Tabla VI.20. Efectos explosivos por sobre presión del gas propano

| Daños esperados | Sobrepresión (psi) ** | Distancia de la Explosión (m) | |
|---|-----------------------|-------------------------------|----------------|
| | | Caso propano-1 | Caso propano-2 |
| Daños ocasionales a techos. 10% de ventanas rotas | 0.3 | 150 | 96 |
| Ventanas rotas, algunos daños en marcos de ventanas | 0.5 – 1.0 | De 55 a 98 | De 35 a 63 |
| 50% de destrucción de casas de ladrillo | 2.5 | 34 | 21 |
| Posible destrucción total de edificios | 10.0 | 11 | 7 |
| Rango entre 99-100% de muerte entre la población expuesta debido a los efectos directos de la explosión | > 10.0 | De 8 a 11 | De 5 a 7 |

(**) Valores propuestos por V.J. Clancey

Se presenta la memoria de cálculo en el Anexo V y el diagrama de pétalos representando el evento del propano en la figura VI.3.

Figura VI.3 Diagrama de pétalo para el gas propano

VI.2.5.3. Evaluación de riesgos ambientales por el uso y manejo de nitrato de amonio

En la modelación del riesgo de explosión identificado en el manejo de explosivos, se emplearon los modelos SCRI Ver3.0 y ARCHIE Ver1.0 para el caso voladura-1 indicado como el almacenamiento de 60 ton de sustancias de nitrato de amonio sin armar. Además, con el propósito de analizar los resultados posibles generados en un mal manejo del material explosivo armado y/o riesgo de voladura en el transporte del mismo material se revisó como caso voladura-2 en 16 ton.

Puesto que las explosiones cercanas al suelo causan mas daño que las cargas explosivas al aire libre, se ha considerado en el presente ejercicio que el evento se llevaría a cabo a una altura cercana al suelo, de tal forma que el suelo refleja sustancialmente una mayor energía de las ondas expansivas en forma ascendente y hacia los lados y no una disipación de las ondas de choque en una posible dirección como lo sería una explosión a una altura considerable.

Los programas se corrieron con datos proporcionados, considerando un promedio de 60 ton por silo en almacenamiento (siendo 3 silos en total) se supuso un mal manejo en la estiba del producto armado del explosivo, así como la presentación de chispas debido sea a una fuente de ignición provocada por un mal manejo ó por la falta o falla de pararrayos durante un evento meteorológico o en su defecto choque durante la transportación. El modelo está desarrollado con base a las ecuaciones de dispersión gaussiana de una nube ó "puff" tridimensional, formada por la masa de una substancia que es liberada a la atmósfera en unos cuantos segundos, tal como sería la liberación de una nube de gas tóxico provocada por una explosión o ruptura de un almacenamiento. El calor de combustión del material varía en el rango de valores de 100 a 60,000 BTU/lb. Para los materiales en este caso en estado físico sólido, se maneja que los altos explosivos presentan a menudo valores desde los 300 a los 2,600 BTU/lb.

Tabla VI.21. Datos suministrados en la evaluación de riesgo por el método SCRI Versión 3.0 asociado al polvorín

| DATOS PARA EL SCRI Versión 3.0 | VALORES |
|--------------------------------|---|
| Nombre de la sustancia | A.N.F.O. |
| Masa emitida, Q | Almacen de 60 ton |
| Altura de Emisión, H | 0.5 m |
| Radio del recipiente, R | 0.5 m |
| Velocidad del viento, U | 2.5 m/s |
| Clase de Inestabilidad, F | Peor situación |
| Concentración de interés, Ci | 500 mg/m ³ (OSHA) IDLH |
| Distancia de interés, X | 500 m (como distancia posible de escapatoria sin vehículo disponible) |

De ser esta la situación, el modelo SCRI Ver3.0 a una concentración de interés de 500 mg/m³, el radio de isoconcentración máxima quedaría ubicado a 122 m a la redonda y llegaría a los 819.5 m de distancia su detonación en un periodo estimado de 5.3 min, lo que

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

desencadenaría en pérdida total de personas expuestas al evento. Esta situación es remota ya que el personal de manejo del área de polvorines es muy cuidadoso, entrenada y dedicada exclusivamente a tal actividad, pero no se descarta esta condición para efectos de medición de riesgos potenciales.

Tabla VI.22. Relación de afectación por distancia en los riesgos por explosión asociados al nitrato de amonio

| Distancia X (km) | Conc. Ci (mg/m ³) | Radio Isoc. (m) | Tiempo (seg) | Sy=Sx (m) | Sz (m) |
|---------------------|----------------------------------|--------------------|--------------|-----------|--------|
| 0.010 | 140308 | 6 | 4 | 1.72 | 1.1 |
| 0.100 | 500 | 13.6 | 40 | 16.7 | 7.9 |
| 0.897 | 250 | 22.1 | 5.3 min | 36.7 | 29.8 |

Sx= Plano horizontal, Sy=Plano vertical, Sz =plano dimensional

Por otra parte, mediante la revisión con el modelo ARCHIE Ver 1.0, se destaca que de presentarse una explosión asociada al área de polvorín (caso voladura-1) con la masa indicada de nitrato de amonio y fuente de ignición disponible, en menos de un minuto detonaría la carga, llegando a ser perceptible hasta los 5,147.4 m, con parcial destrucción de estructuras a los 135.33 m y un radio fatal hasta de 35.35 m de la población expuesta. Sería muy rápida la radiación térmica, hasta los 174.6 m con alto riesgo a 119.4 m.

Tabla VI.23. Datos suministrados en la evaluación de riesgo por el método ARCHIE Ver1.0 asociado al polvorín

| Parámetro | Evento riesgoso asociado al nitrato de amonio | |
|----------------------------|---|---|
| | Caso voladura-1 | Caso voladura-2 |
| Evento | Almacenamiento | Transporte |
| Descripción | Almacenamiento en polvorín en sólido sin armar, estimado en 60 ton | Transporte hacia tajo sin armar, en carga para voladura, estimado en 16 ton |
| IDLH (ppm) | 500mg/m3 (229.42 ppm) | 500mg/m3 (229.42 ppm) |
| Masa | 60 ton | 16 ton |
| Masa para explosión | 6 ton (10% Pág. 40 guía de riesgo de SEMARNAT Nivel 3, Nivel tres.pdf) | 1.6 ton (10% Pág. 40 guía de riesgo de SEMARNAT Nivel 3, Nivel tres.pdf) |
| Densidad (g/cm3) | 1.7 | 1.7 |
| Velocidad del viento | 2.5 m/s (5.6 mph) | 2.5 m/s (5.6 mph) |
| Estabilidad atm (Pasquill) | F | |
| Definición | Peor situación: Condición moderadamente estable (para velocidad de viento entre 4.5-6.7 mph, condición de noche, con más de 3/8 cielo cubierto por nubes) | |
| Peso molecular | 80.04 | 80.04 |

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Análisis y evaluación de riesgos

| | | |
|------------------|---------------------|---------------------|
| Presión | 1 mm Hg | 1 mm Hg |
| Temp. Ambiente | 29.5 oC (87.07 oF) | 29.5 oC (87.07 oF) |
| Temp. Contenedor | 30 oC (95 oF) | 30 oC (95 oF) |
| Temp. Ebullición | 210 oC (410 oF) | 210 oC (410 oF) |
| Punto fusión oC | 169.11oC (336.4 oF) | 169.11oC (336.4 oF) |

Nota: Datos adicionales a los requerimientos del Informe técnico de riesgo

Para el caso voladura-2, con una masa estimada en 16 ton kg y fuente de ignición disponible, en 9 segundos explotaría la sustancia, llegando a ser perceptible hasta los 645.2 m, con parcial destrucción de estructuras a los 45.33 m y un radio fatal de 8.5 m de la población expuesta. La radiación térmica en este caso sería hasta los 13.5 m y de alto riesgo a los 8.1 m. Para sintetizar lo anterior, se presenta la memoria de cálculo en el Anexo V y el diagrama de pétalos representando el evento del polvorín en la figura VI.4.

Figura VI.4 Diagrama de pétalo del nitrato de amonio

VI.2.5.5. Evaluación de riesgos ambientales por el uso y manejo de hidróxido de sodio

En la situación donde el hidróxido de sodio exista una fuga por mal manejo o fractura del tanque de mezclado de 9.3 m³ de capacidad de sosa cáustica en solución al 65%, se evaluó el comportamiento del derrame generado con el simulador ARCHIE Ver 1.0 con los siguientes insumos de información:

Tabla VI.24. Datos suministrados en la evaluación de riesgo asociado al hidróxido de sodio

| Parámetro | Hidróxido de sodio |
|-------------------------------|---|
| | Hidróxido-1 |
| Evento | Proceso |
| Descripción | Tanque de mezclado al 65% |
| IDLH (ppm) | 250 mg/m ³ |
| TLV | 2 mg/m ³ |
| Masa | 9.53 m ³ al 65% (6.19 m ³) |
| Densidad (g/cm ³) | 1.53 |
| Velocidad del viento | 2.5 m/s (5.6 mph) |
| Estabilidad atm (Pasquill) | F |
| Definición | Peor situación: Condición moderadamente estable (para velocidad de viento entre 4.5-6.7 mph, condición de noche, con más de 3/8 cielo cubierto por nubes) |
| Peso molecular | 33.99 |
| Temp. Ambiente | 29.5 oC (87.07 oF) |
| Temp. Contenedor | 29 oC (95 oF) |

Nota: Datos adicionales a los requerimientos del Informe técnico de riesgo

Así, tenemos que en el caso de derrame, la tasa promedio de descarga sería de 5,144 lbs/min durante 2.54 minutos hasta vaciarse la totalidad de la masa contenida en estado líquido.

Si el tanque de mezclado no estuviera contenido en el dique de contención previsto como parte del diseño para la colección oportuna de derrames, el área máxima de derrames alcanzaría 424.6 m², donde la tasa de evolución del vapor de la sustancia tendría un flujo de 1027.18 lbs/min persistiendo hasta los 12.7 min.

En cuanto a la potencialidad de la sustancia de generar vapores tóxicos, se presenta una toxicidad conocida de 250 mg/m³ (126 ppm) donde, derivado de la masa fugada, a nivel de piso existirán concentraciones hasta los 1295.1 m, donde la concentración de interés quedó en los 121.01 m con un tiempo de arribo desde la fuente donde se generó el evento de derrame de 1.1 min, persistiendo hasta por 2.9 hrs. (si se fuga todo el contenido del tanque de mezclado), siendo la distancia segura de salvaguarda, mínimo de 457 m, según la siguiente tabla:

Tabla VI.25. Dispersión de vapores tóxicos generados por el derrame potencial de tanque de mezclado conteniendo hidróxido de sodio al 65% (caso hidróxido-1)

| Distancia a favor del viento (metros) | Concentración a nivel del suelo (ppm) | Tiempo de arribo de los vapores al sitio (min) | Tiempo de salida de los vapores del sitio (min) | Ancho de la Zona de Evacuación * (en metros) |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|--|
| 30.48 | 1900 | 0.3 | 172.7 | 143.2 |
| 121.01 | 136 | 1.1 | 174.2 | 457 |
| 1295.1 | 1.3 | 10.8 | 193.6 | 30.48 |

* La distancias estimadas para la zona de evacuación son usualmente seguras para periodos de 0.5 hora. Evacuaciones mayores requerirán en todo caso mayores distancias o en su defecto una evacuación en sentido diferente a la dirección del viento.

La memoria de cálculo presentada puede revisarse en el Anexo V de este documento. La figura VI.5 presenta el diagrama de pétalos para el hidróxido de sodio.

Figura VI.5 Diagrama de pétalo del hidróxido de sodio

VI.2.5.6. Evaluación de riesgos ambientales por el uso y manejo de cianuro de sodio

Las situaciones de riesgo asociadas al cianuro de sodio, poseen vital relevancia para el desarrollo minero Dolores y el estudio de riesgo desarrollado, toda vez que es la única sustancia que excede la cantidad de reporte y convierte al proyecto en actividad altamente riesgosa, a la par de la toxicidad de la sustancia, en especial por la generación de ácido cianhídrico bajo condiciones no controladas en un evento potencial de riesgo.

Fueron tres los casos analizados en el manejo del cianuro de sodio, derivado de su preparación en el proceso, siendo la solución pobre de proceso (caso cianuro-1), en el tanque de mezclado (caso cianuro-2) y en tanque de distribución (caso cianuro-3). Los insumos, de información de base, fueron los siguientes:

Tabla VI.26. Datos suministrados en la evaluación de riesgo asociado al cianuro de sodio.

| Parámetro | Eventos asociados al cianuro de sodio | | |
|-------------------------------|---|---|---|
| | Caso cianuro-1 | Caso cianuro-2 | Caso cianuro-3 |
| Evento | Proceso | Proceso | Proceso |
| Descripción | Solución pobre de 1767m ³ al 26% | Área de mezclado de 34m ³ al 26% | Tanque de distribución de 51m ³ al 26% |
| IDLH | 50 mg/m ³ | 50 mg/m ³ | 50 mg/m ³ |
| TLV | 5 mg /m ³ | 5 mg /m ³ | 5 mg /m ³ |
| Masa | 88.35 m ³ (equivalente al 0.5% de la sustancia) | 8.8 m ³ (equivalente al 25% de la sustancia) | 13.25 m ³ (equivalente al 25% de la sustancia) |
| Densidad (g/cm ³) | 0.86 | 0.86 | 0.86 |
| Velocidad del viento (m/s) | 2.5 m/s (5.6 mph) | 2.5 m/s (5.6 mph) | 2.5 m/s (5.6 mph) |
| Estabilidad atm (Pasquill) | F | F | F |
| Definición | Peor situación: Condición moderadamente estable (para velocidad de viento entre 4.5-6.7 mph, condición de noche, con más de 3/8 cielo cubierto por nubes) | | |
| Peso molecular | 49 | 49 | 49 |
| Presión | 1 atm | 1 atm | 1 atm |
| Temp. Ambiente | 29.5 oC (87.07 oF) | 29.5 oC (87.07 oF) | 29.5 oC (87.07 oF) |
| Temp. Contenedor (°C) | 30 | 30 | 30 |

Nota: Datos adicionales a los requerimientos del Informe técnico de riesgo

De esta manera, en caso de un mal manejo, choque o fractura que implique el derrame de la solución, según el caso de valoración de riesgo, tenemos que para el caso cianuro-1 la tasa promedio de descarga serán de 2233.5 lbs/min valorado en un tiempo de 15 minutos, que quedan contenidos en el dique de contención diseñado para tal fin, ya que si no existiera, el derrame alcanzaría un área máxima de 17.76 m². En la situación del caso cianuro-2 la tasa promedio de descarga serán de 1823.2 lbs/min valorado en el mismo tiempo de 10.2 minutos. Finalmente en el caso cianuro-3 la tasa promedio de descarga será de 2083.5 lbs/min valorado en el tiempo de 13.45 minutos.

Si este derrame simulado ocurriera, quedaría contenido en su totalidad en el dique de contención contemplado desde el diseño civil del proyecto minero. No debe existir un daño adicional, debido a que el pH de la solución lleva un control muy estricto en proceso y es prácticamente nula la posibilidad de que adicional al derrame, exista variación del pH que promueve su acidez y en consecuencia la generación de ácido cianhídrico. Sin embargo, esta situación fue valorada para conocer los alcances que remotamente puedan desencadenarse, ya que como indicamos desde el principio de la valoración de este capítulo, se consideran siempre los peores eventos. De esta manera, la tasa de evolución del vapor de ácido cianhídrico durante el derrame contemplado para el caso cianuro-1 tendrá una tasa de 2349.22 lbs/min con duración de la evolución del gas dispersado de hasta 44.7 minutos, por lo que las medidas y plan de acción de emergencias deben ser muy eficientes durante la operación del proyecto minero. En el caso cianuro-2 la evolución del vapor tendría una tasa de 134.1 lbs/min por 114 minutos y para el caso cianuro-3 la evolución del vapor de ácido tendrá una tasa de 768.56 lbs/min persistiendo la evolución del gas dispersado de hasta 36.46 minutos.

Por otra parte, como revisión final a esta sustancia, considerando su potencialidad fisicoquímica a generar vapores tóxicos, se presenta la siguiente tabla donde, basado en la masa fugada, a nivel de piso existirán concentraciones tóxicas con tiempo de arribo que requieren distancia segura de salvaguarda según la siguiente tabla:

Tabla VI.27. Dispersión de vapores tóxicos generados por manejo de cianuro de sodio en los casos revisados

| Distancia a favor del viento (metros) | Concentración a nivel del suelo (ppm) | Tiempo de arribo de los vapores al sitio (min) | Distancia de la Zona de Evacuación * (en metros) |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| Caso cianuro-1 | | | |
| 30.48 | 298 | 44.6 | 109.7 |
| 94.79 | 25.21 | 44.6 | 347.4 |
| 320.04 | 2.5 | 44.6 | 0.3048 |
| Caso cianuro-2 | | | |
| 30.48 | 298 | 114.7 | 109.7 |
| 56.7 | 25.21 | 114.7 | 347.4 |
| 244.1 | 2.5 | 114.7 | 0.3048 |
| Caso cianuro 3 | | | |
| 30.48 | 298 | 36.6 | 109.7 |
| 93.97 | 25.21 | 36.6 | 347.4 |
| 260.3 | 2.5 | 36.6 | 0.3048 |

* La distancias estimadas para la zona de evacuación son usualmente seguras para periodos de 0.5 hora. Evacuaciones mayores requerirán en todo caso mayores distancias o en su defecto una evacuación en sentido diferente a la dirección del viento.

La memoria de valoración de riesgos por simulación presentada puede revisarse a detalle en el Anexo V de este documento y la figura VI.6. presenta el diagrama de pétalos que muestra la afectación potencial del uso y manejo del cianuro de sodio en el proyecto minero Dolores.

Figura VI.6 Diagrama de pétalo del cianuro de sodio

V.3. Radios potenciales de afectación

La tabla VI.28 muestra los radios potenciales de afectación generados a partir de la modelación de cada una de seis sustancias involucradas revisadas por contener propiedades riesgosas, considerando la composición de las mismas, el volumen contenido y su reacción en proceso. Cabe mencionar que sólo el uso y manejo de cianuro de sodio rebasa la cantidad de reporte del listado de actividades altamente riesgosas. Estos valores son considerados en el desarrollo del diagrama de pétalos de las sustancias.

A excepción del uso y manejo en el área de polvorín de nitrato de amonio, el resto de los eventos riesgosos de potencial ocurrencia con el manejo de sustancias, queda dentro de los límites de la superficie solicitados a favor de la compañía promotora del proyecto minero Dolores.

Tabla VI.28 Resumen global de afectaciones potenciales de las sustancias involucradas en el proyecto minero Dolores

| Sustancia | Caso | Descripción | Concentración de interés | Áreas de afectación | Toxicidad por fuga y/o derrame (en m) | Inflamabilidad (Radiación Térmica y/o incendio en m) | Explosividad (Sobrepresión) en m | Diagrama de pétalos | Efecto del Evento (de acuerdo a la naturaleza de la sustancia) |
|--------------------|------|--|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--|----------------------------------|---------------------|--|
| Gasolina | G-1 | Transporte y trasiego de tanque a la mina | IDLH 1100 ppm | Zona de Alto Riesgo | 32.00 | 30.41 | 30.78 | - | La zona de alto riesgo, es identificada como radio fatal |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 271.00 | 44.07 | 118.30 | | |
| | | | TLV: N.D. | Zona de Alto Riesgo | | | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | | | | | |
| | G-2 | Almacenamiento en proyecto minero Dolores | IDLH 1100 ppm | Zona de Alto Riesgo | 32.00 | 82.00 | 18.00 | Fig. VI.1 | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 271.00 | 174.00 | 65.80 | | |
| | | | TLV: N.D. | Zona de Alto Riesgo | | | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | | | | | |
| Diesel | D-1 | Tanque de almacenamiento en tanque de mayor capacidad en proyecto minero Dolores | IDLH: N.D. | Zona de Alto Riesgo | | | No aplica | - | La zona de alto riesgo, es identificada como radio, primero de daños muy graves por quemaduras que puede desencadenar en fatalidad |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | | | | | |
| | | | TLV 5 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | 125.6 | 97.8 | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 247.5 | 139 | | | |
| | D-2 | Transporte y trasiego de tanque a la mina | IDLH: N.D. | Zona de Alto Riesgo | | | No aplica | Fig. VI.2 | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | | | | | |
| | | | TLV 5 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | 121.6 | 91.7 | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 254.2 | 135.6 | | | |
| Propano | P-1 | Tanque de almacenamiento de tanque de mayor capacidad | IDLH: 2000 ppm | Zona de Alto Riesgo | 48.15 | 20.12 | 3.65 | Fig. VI.3 | La zona de alto riesgo, es identificada como radio fatal |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 245.90 | 30.78 | 11.68 | | |
| | | | TLV: N.D. | Zona de Alto Riesgo | | | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | | | | | |
| | P-2 | Transporte y trasiego de tanque a la mina | IDLH: 2000 ppm | Zona de Alto Riesgo | 35.10 | 20.12 | 1.82 | - | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 246.00 | 30.78 | 16.70 | | |
| | | | TLV: N.D. | Zona de Alto Riesgo | | | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | | | | | |
| Nitrato de amonio | V-1 | Almacenamiento en área de polvorín del proyecto minero Dolores | IDLH: 500 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | No aplica | 119.5 | 23.4 | Fig. VI.4 | El área de alto riesgo es zona fatal casi inmediata |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | | 174.7 | 135.33 | | |
| | | | TLV: N.D. | Zona de Alto Riesgo | | | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | | | | | |
| | V-2 | Manejo y trasiego de material armado para voladura | IDLH: 500 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | No aplica | 8.1 | 8.5 | - | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | | 13.5 | 45.33 | | |
| | | | TLV: N.D. | Zona de Alto Riesgo | | | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | | | | | |
| Hidróxido de sodio | H-1 | Tanque de almacenamiento en mina Piedras Verdes | IDLH 250 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | 30.48 | No aplica | No aplica | Fig. VI.5 | La zona de alto riesgo es por área impactada de derrame, NO asociada a muerte, si en |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 1295.1 | | | | |
| | | | TLV 2 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | 22 | | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 678.9 | | | | |
| Cianuro de sodio | C-1 | En tanque de solución pobre | IDLH: 50 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | 94.79 | No aplica | No aplica | Fig. VI.6 | La zona de alto riesgo es un radio asociado a la toxicidad de la sustancia, que de permanecer expuesto, puede desencadenar en fatalidad por la generación de nubes tóxicas significativas. |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 347.4 | | | | |
| | | | TLV: 5 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | 320.04 | | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | > de 500* | | | | |
| | C-2 | En tanque de área de mezclado | IDLH: 50 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | 56.70 | No aplica | No aplica | Fig. VI.6 | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 347.40 | | | | |
| | | | TLV: 5 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | 244.10 | | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | > de 500* | | | | |
| | C-3 | En tanque de distribución del cianuro | IDLH: 50 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | 93.27 | No aplica | No aplica | Fig. VI.6 | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | 347.40 | | | | |
| | | | TLV: 5 mg/m3 | Zona de Alto Riesgo | 260.30 | | | | |
| | | | | Zona de Amortiguamiento | > de 500* | | | | |

* El modelo indica el equivalente a 30.48m pero se considera 500 m como distancia de amortiguamiento a la distancia donde se presenta el valor al TLV como salvaguarda en las acciones de descontaminación

VI.4. Interacciones de riesgo

Las zonas de potencial interacción en el caso de presentarse un evento de los ya señalados se muestran en los diagramas de pétalos de acuerdo a la sustancia evaluada, destacadas en las figuras VI.1 a la VI.6. Como puede observarse en el plano de afectaciones potenciales, las zonas de interés que pudieran verse afectados como zona de alto riesgo no rebasan los límites del área de ocupación del proyecto minero Dolores a excepción del diagrama de pétalo correspondiente al polvorín ya mencionado en el apartado VI.3.

Dichas interacciones de riesgo ocurren en las áreas de amortiguamiento donde pueden ser aplicados los planes de prevención y de seguridad que minimicen la interacción; lo anterior para que no se genere una reacción en cadena, donde el evento no controlado de una sustancia, alcance a otra con similar riesgo por lo que se hacen las recomendaciones técnico operativas en el apartado siguiente.

La modelación en la valoración de riesgos contempló los peores escenarios en cada caso, aclarando que es mejor esta situación que subestimar los riesgos y quedar limitados en acciones de salvaguarda. Se presenta la figura VI.7 con el plano de interacciones de riesgo donde no considera las barreras naturales de protección, principalmente la topografía, que localmente pueden minimizar las afectaciones, pero que el modelo no las evidencia a detalle.

Es importante destacar que todos los planes y programas de seguridad ante eventos extraordinarios que deberán ser desarrollados por la planta minera tendrán como función principal minimizar los eventos riesgosos y basarse en primera instancia a las condiciones de operación y situaciones de riesgo aquí descritos.

Figura VI.7 Mapa de interacciones de riesgo

VI.5 Recomendaciones técnico-operativas

De acuerdo a la evaluación de riesgos por accidentes donde se involucren sustancias químicas, los eventos que pudieran presentarse no afectarían áreas fuera del polígono a ocupar por las obras mineras, con excepción de un potencial accidente en carretera, por lo que las medidas de seguridad se deberán enfocar a la protección de las instalaciones mineras y los trabajadores expuestos y las actividades de transportación de estas sustancias.

El uso de cianuro de sodio en el sistema de lixiviación y la potencial disolución de metales tóxicos hace que la ocurrencia de alguna fuga o derrame de las soluciones de proceso se convierta en un potencial problema ambiental. Las fugas o derrames se podrían presentar en el patio de lixiviación, la pileta de proceso, planta de beneficio o en las tuberías que conectan la planta de proceso con el patio y pileta. Para prevenir estos eventos, las obras mineras e instalaciones de servicio incluyen desde su diseño medidas de protección y seguridad. En el Capítulo V de este documento se han descrito algunas de las medidas de protección que se aplicarán en las diferentes fases del proyecto.

En los siguientes párrafos se resumen las medidas de seguridad más importantes que se llevarán a cabo en este proyecto:

VI.5.1 Sistemas de seguridad

- Se instalará cerco perimetral en algunas de las áreas de operación para evitar el libre acceso de personas y fauna mayor.
- Todas las instalaciones de la planta de beneficio estarán sobre una plancha de concreto con un espesor promedio de 0.2 a 0.3 m y contarán donde sea necesario con muro perimetral y cárcamos para colección y bombeo de derrames.
- Todos los contenedores, tuberías y bombas que serán utilizadas para el manejo de las sustancias y soluciones de proceso, cumplirán con los estándares y las especificaciones técnicas en cuanto al tipo de material resistente según la sustancia a manejar. Las instalaciones tendrán capacidad para resistir: cargas estáticas, cargas dinámicas, cargas por fenómenos naturales, corrosión y gradientes de presión y temperatura.
- Se contará con sistemas de respaldo para en caso de falla de la energía eléctrica para los sistemas más críticos como son el bombeo de las soluciones de proceso.
- Las tuberías que transporten soluciones de la planta de beneficio al patio de lixiviación, y viceversa, estarán siempre dentro del piso de concreto o sobre canales impermeabilizados.
- Toda la superficie de la base del patio de lixiviación, que comprenderá aproximadamente 1, 037,000 m² se instalará sobre un sistema de membrana impermeable que consistirá de las siguientes capas de abajo hacia arriba:
 - Terreno nivelado y compactado
 - Capa de arcilla o membrana sintética de arcilla
 - Membrana de polietileno de baja densidad linear (LLDPE) de 80 milésimas de pulgada.

-Capa de al menos .6 m de alto de material de drenado en las trayectorias de drenaje y sobre la tubería de colección de soluciones de proceso.

- Se contará con un sistema de piletas externas para la captación de las soluciones que drenen del patio el cual consistirá de lo siguiente:

Una pileta de proceso de 68,900 m³ de capacidad, esto es 54,384 m³ de almacenamiento de operación y 2, 604 m³ de almacenamiento muerto considerando 0.3 m de bordo libre en la pileta.

Dos piletas de almacenamiento de agua, una a construir en la fase 1-2 de construcción del patio de lixiviación, de 213,000 m² y la otra en la fase 3-4 del patio, de 166,000 m³. Estas piletas se diseñaron para contener el exceso de soluciones de proceso, los escurrimientos por lluvia y la tormenta máxima en 24 horas-100 años.

El sistema de impermeabilización de las piletas consistirá de lo siguiente:

5. Terreno nivelado y compactado
6. Membrana plástica secundaria de polietileno de alta densidad de 60 milésimas de pulgadas (60 mil HDPE).
7. Geonet (sistema de colección y recuperación de fugas).
8. Membrana de polietileno de alta densidad (HDPE), de 60 mil.

- i. Algunos otros criterios de diseño del patio serán:

-Se construirán obras de desviación de aguas meteóricas con capacidad para una tormenta de 100 años-24 horas, en el perímetro del patio y piletas.

-Se construirá un camino alrededor del perímetro del patio.

-Se instalará un sistema de detección de fuga entre la doble membrana impermeable de las piletas de proceso.

-La solución rica de patios fluirá a la pileta de proceso a través de una de las tres tuberías grandes que viene del patio de lixiviación. La pileta de proceso tendrá un sistema dual para bombeo de las soluciones hacia la planta Merrill-Crowe.

-Se construirá un vertedor impermeabilizado con concreto y anclado a la capa impermeable de las piletas, para pasar flujo de soluciones de una pileta a la otra.

-Las soluciones lixiviantes se mantendrán en recirculación sin descargas al entorno con excepción de las pérdidas por evaporación, que serán compensadas con la adición de agua.

- -El área donde se almacenen combustibles y lubricantes estará aislada del resto de las áreas operativas y tendrá rigurosas medidas de seguridad de acuerdo a las medidas que aplican para este tipo de sustancias. El diseño de esta área considera la impermeabilización y doble contención para en caso de derrames de combustible.
- Se asignará al menos un sitio dentro de las instalaciones mineras para almacenar residuos peligrosos. El almacén de residuos peligrosos contará con piso de cemento y cárcamos para colección de derrames o fugas, cerco de malla ciclónica y acceso controlado y cumplirá con las especificaciones que marca el Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos (Art. 14, 15).
- Para almacenar explosivos se construirán dos edificios, uno para el material explosivo y otro para los dispositivos detonadores y accesorios, se instalarán también tres silos para el

almacenamiento de nitrato de amonio (ANFO). El área estará cercada y se construirá en total apego a las especificaciones que establece la Ley de Armas de Fuego y Explosivos.

- Se dará adecuado manejo de los escurrimientos pluviales y la protección de la calidad del agua superficial. Por la difícil topografía del lugar, se tendrán que llevar a cabo una serie de obras como bordos y canales que permitirán controlar el flujo del arroyo Chabacán. El diseño de estas obras se hará con base en el evento de lluvia máxima en 24 horas-100 años. Sobre el cauce de este arroyo, aguas arriba del tajo minero, se construirá un bordo para almacenar el agua meteórica. Este bordo disminuirá sustancialmente los escurrimientos sobre el arroyo Chabacán, aguas abajo, en la zona donde se desarrollará la mayor parte de las obras mineras. Para el control de los escurrimientos locales, se irán construyendo canales de desviación a medida que avanzan las obras de tal forma que no se impacte el entorno y los escurrimientos se incorporen, aguas abajo, al cauce del arroyo Chabacán sin provocar un problema de contaminación por la excesiva migración de partículas finas.
- Se planea delimitar toda el área arrendada por la empresa para evitar la interacción directa con la población humana y fauna mayor.
- Mediante la adición de cal en el mineral y de ser necesaria la adición de hidróxido de sodio a las soluciones de proceso, se mantendrá un pH controlado para evitar la liberación masiva de ácido cianhídrico a la atmósfera.
- Durante la descarga y transferencia de materiales de insumo se tendrá especial seguridad, en especial con los contenedores de cianuro de sodio que serán almacenadas separados de los ácidos, álcalis débiles y materiales fuertemente oxidantes como los nitratos. Se debe tomar del área de almacenamiento solamente la cantidad requerida para su uso inmediato.
- En las diferentes áreas de trabajo se instalarán dispositivos de seguridad como regaderas y lavajos de emergencia, botiquín de primeros auxilios con los antidotos apropiados según las sustancias que se manejen, extinguidores de polvo químico y de CO₂, hidrantes, entre otros. En el capítulo V de este documento se presentan las siguientes figuras que muestran la localización de estos dispositivos para las diferentes áreas operativas: Fig.V.3, Fig.V.4, Fig.V.6, Fig V.6b, Fig.V.7, Fig.V.8 y Fig.V.9.

VI.5.2 Medidas preventivas

- Para prevenir la existencia de fugas o derrames de sustancias peligrosas se dará mantenimiento preventivo a tuberías, válvulas, sellos e instrumentación.
- Se establecerá un programa de monitoreo para vigilar las condiciones ambientales del sitio. Este programa será formulado por la empresa y acordado con la SEMARNAT. Esta medida permitirá detectar posibles alteraciones importantes en la calidad del entorno que ameriten acciones de control en las operaciones mineras. Se construirán pozos de monitoreo aguas debajo de la pileta y del patio de lixiviación.
- Sobre la potencial generación de drenaje ácido por el tepetate o material estéril expuesto en los terreros, con base en los resultados de las pruebas de caracterización geoquímica que se realizaron a muestras representativas de este material se encontró que aproximadamente un 18% de la roca puede presentar esta problema por lo que se procurará que esta roca quede cubierta por roca que resultó inerte.

- Durante las operaciones mineras se llevarán a cabo auditorías internas para evaluar el estado de cumplimiento respecto a las normas y criterios ambientales con los que se rigen las operaciones mineras, así como las condiciones de calidad del medio ambiente.
- La detección de manera oportuna la presencia de cualquier elemento contaminante que pudieran generar contingencia ambiental.
- Elaborar un programa de monitoreo y atención a contingencias para contaminación de cianuro y metales en suelo y aire.
- Presentar un programa detallado de atención a emergencias
- Presentar el programa de contingencia de la empresa responsable, para el caso de accidentes en el transporte hacia las instalaciones de la mina Dolores.
- Presentar un programa de contingencia para el caso de detección de soluciones de cianuro de sodio en los pozos de monitoreo.
- Presentar un programa de contingencia para el caso de derrames o fugas de soluciones de cianuro de sodio.
- Presentar un programa de contingencia para el caso de detectar ácido cianhídrico, en las distintas áreas de proceso, a una concentración por encima de la recomendada por las normas internacionales.
- Instalar una alarma para detección de fugas de ácido cianhídrico en el lugar en donde se preparan las soluciones cianuradas.
- Instalar cuidadosamente la capa protectora de arcilla y la membrana plástica en los patios, para prevenir la fuga de la soluciones de cianuro de sodio. Utilizar personal altamente calificado y contar con la supervisión de una empresa certificadora.
- Construir los pozos de monitoreo a la profundidad necesaria para detectar el flujo horizontal de soluciones cianuradas.
- Asegurar la existencia de antídotos contra intoxicación de cianuro en cantidad suficiente para el personal operador y población afectada en caso de contingencias.
- De acuerdo a la naturaleza flamable de los productos que se manejen en las diferentes áreas, las instalaciones eléctricas se recomienda sean a prueba de explosión y cuenten con el sistema a tierra. Las lámparas de alumbrado en ciertas áreas de proceso deben ser a prueba de vapores.
- Para realizar descargas de sustancias peligrosas desde carro-tanque se debe seguir el siguiente procedimiento:
 - Colocar el carro tanque exactamente sobre el sitio indicado, con el freno puesto y las ruedas bloqueadas.
 - Colocar señales de precaución en el frente y parte posterior para cerrar el camino y avisar a otras personas que se está descargando materiales o sustancias peligrosas.

-El chasis deberá conectarse a tierra antes de iniciar la descarga del material y el operador de la unidad no deberá retirarse del área en el tiempo en que dure el vaciado del carro-tanque.

- Se elaborarán procedimientos adecuados de operación para el control de procesos durante: operación normal, arranque, paro, trabajo de mantenimiento, prevención de situaciones anormales y alarmas o sistemas de paro de seguridad según condiciones anormales específicas en el proceso.
- Durante las operaciones se mantendrá una supervisión continua de todas las áreas de trabajo para detectar y corregir oportunamente cualquier anomalía.
- Se prohibirá fumar en las áreas de proceso y áreas donde se manejen combustibles u otra sustancia inflamable.
- Se establecerá una velocidad máxima (V.gr. 10 km/hr) para el tránsito de vehículos dentro de las áreas de proceso, oficina y taller. En la mina, la velocidad máxima permitida dependerá de las pendientes y consideraciones de seguridad en este tipo de actividades.
- La transportación de materiales y sustancias peligrosas se llevará a cabo en total apego a las regulaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) a través del Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. mientras que la transportación y manejo de explosivos estará regulado por la Secretaria de la Defensa Nacional (SEDENA).

VI.6 Residuos, descargas y emisiones generadas durante las operaciones

VI.6.1 Descargas de agua residual

En el Anexo VI del presente documento se describe este apartado.

VI.6.2 Emisiones a la atmósfera

En el Anexo VI del presente documento se describe este apartado

VI.6.3 Generación de residuos

En el Anexo VI del presente documento se presenta una descripción detallada de los residuos a generar, sus características, manejo y disposición final.

Bibliografía de apoyo

- ARCHIE, 1993, "Automated Resource for Chemical Hazard Incident Evaluation" Department of Transportation (Departamento de Transportes) & Environmental Protection Agency. Software Ver 1.0
- COATEA, 2005. Memorias de Análisis de Emergencias ambientales, 2002-2005. Publicaciones INE.
- Dinámica Heurística 2002. Scri-Hazop Ver, 1.15, Análisis de riesgos y operabilidad de los procesos, Ver. 1.15, México
- Dyadem, 2002, Pha-Pro, Version 5.0 The Smart Choice for Risk Professionals. Wintertree Software Inc. Dyadem International LTD.
- <http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/aar/clasificacion/clasificacion.html> . Primer Listado de Actividades Altamente Riesgosas (Manejo de Sustancias Tóxicas) 28 de marzo de 1990
- <http://www.semarnat.gob.mx/dgmic/rpaar/aar/clasificacion/clasificacion.shtml> . Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas (Manejo de Sustancias Inflamables y Explosivas) 4 de mayo de 1992
- NIOSH, 1985. Pocket Guide to Chemical Hazards US Dept of Health and Human Service Washington, USA, 245 pp.
- OIT (1994) . Control de Riesgos de Accidentes Mayores.. Oficina Internacional del Trabajo. Ginebra
- Pasquill F., 1974 Atmospheric Diffusion; Ellis Horwood Lt., 2nd Edition, New York 1974.
- Perry's 1984, Chemical Engineers Handbook, 6° Ed., Robert H. Perry, Don Green. Mc Graw Hill, 1984
- PROFEPA, 2000. Guía técnica para el manejo de emergencias ambientales. SEMARNAP-PROFEPA, Subprocuraduría de Protección Ambiental. Manuales técnicos.
- SCRI ver3.0. 1998. Modelos Atmosféricos para Simulación de contaminación y Riesgos en Industrias. Sistemas Heurísticos S.A. de C.V.
- Scri-Hazop Ver 1.15, 2004. Análisis Hazop para Simulación de contaminación y Riesgos en Industrias. Sistemas Heurísticos S.A. de C.V.

VII. RESUMEN

VII.1 Conclusiones del Estudio de Riesgo

En lo que se refiere a los riesgos ambientales asociados al sector minero, los riesgos involucrados se relacionan principalmente al manejo de explosivos para la extracción del mineral, al manejo de sustancias químicas en el proceso de beneficio y al manejo de hidrocarburos en actividades de servicio y apoyo.

Basado en las evaluaciones de potenciales eventos de riesgo por el manejo de sustancias en las operaciones del proyecto minero Dolores, se concluye que el grado de riesgo ambiental será de mediana a baja magnitud, considerando que los eventos simulados ocurrirán solo en el caso de que no se cumpliera las normas de diseño, los criterios de operación y las medidas de seguridad que se contempla aplicar en las diferentes etapas de este proyecto. No obstante, de llegar a presentarse algún evento de riesgo, se implementarán los planes de respuesta a emergencias que formulará la empresa para cada uno de los posibles eventos a ocurrir.

De las 13 sustancias que utilizarán para las operaciones mineras, se seleccionaron las siguientes 6 que revisten mayor importancia desde el punto de vista de riesgo: gasolina, diesel, gas propano, cianuro de sodio, hidróxido de sodio y nitrato de amonio. De estas sustancias, solo el cianuro de sodio excederá la cantidad de reporte establecida en los listados oficiales de actividades riesgosas.

Se destaca que los efectos por potenciales eventos de riesgo por el manejo de las sustancias arriba mencionadas, no rebasarán los límites del polígono a ocupar por las obras mineras, con excepción de un potencial accidente en carretera, por lo que las medidas de seguridad se deberán enfocar a la protección de las instalaciones mineras y los trabajadores expuestos y las actividades de transportación de estas sustancias.

Dado que las zonas de amortiguamiento de cada uno de los casos simulados quedan dentro del polígono del proyecto, con excepción del evento en el polvorín (que se considera un caso muy poco probable), no se justifica recomendar una zona de salvaguarda más allá de los límites del proyecto. Se considera que las medidas de seguridad y prevención propuestas en la sección VI.5 de este documento son adecuadas para minimizar los riesgos ambientales

Aunque no se incluyeron en las simulaciones de riesgo, los siguientes eventos ameritan la atención y serán monitoreados durante la operación y abandono de la mina:

- La ocurrencia de alguna fuga o derrame de las soluciones de proceso hacia el suelo, agua superficial o subterránea. Las fugas o derrames se podrían presentar en el patio de lixiviación, la pileta de proceso, planta de beneficio o en las tuberías que conectan la planta de proceso con el patio y pileta. Para prevenir estos eventos, las obras mineras e instalaciones de servicio incluyen desde su diseño medidas de protección y seguridad.
- La exposición de la roca estéril que resultó con potencial de generar ácido (aprox. 18% del total), así como el material expuesto en la pared final del tajo, podría ocasionar escurrimientos ácidos hacia el entorno. Para prevenir esto, todo el material estéril que resultó con potencial de generar ácido quedará cubierto y/o mezclado con material inerte.

Aunque se identifican riesgos potenciales al ambiente por el desarrollo de este proyecto minero, la tecnología actual, los criterios de diseño y operación y las medidas de seguridad que se aplicarán garantizarán seguridad a los empleados y población de la zona, así como la protección al entorno natural.

El desarrollo de este proyecto generará importantes beneficios socioeconómicos a nivel local y regional, incrementando la calidad de vida con la introducción de servicios e infraestructura que será detonante para el desarrollo de otras actividades productivas.

VII.2 Resúmen de la situación general que presenta el proyecto en materia de riesgo ambiental

Las sustancias involucradas en el proyecto minero Dolores, son 13, entre ellas están la gasolina, diesel, gas lp (propano), nitrato de amonio, cianuro de sodio, polvo de zinc, óxido de calcio, ácido polimaleico, tierra de diatomeas, bórax, carbonato de calcio, nitrato de potasio e hidróxido de sodio, donde reviste particular interés el cianuro de sodio, como única sustancia que rebasa la cantidad de reporte y convierte al proyecto minero en actividad altamente riesgosa, así como los combustibles por la propiedad misma de combustión y eventual riesgo de explosión ante un manejo inadecuado.

La valoración de riesgos contempló los peores escenarios en cada caso, aclarando que es mejor esta situación que subestimar los riesgos y quedar limitados en acciones de salvaguarda. Las interacciones de riesgo ocurren en las áreas de amortiguamiento donde pueden ser aplicados los planes de prevención y de seguridad que minimicen la interacción; lo anterior para que no se genere una reacción en cadena, donde el evento no controlado de una sustancia, alcance a otra con similar riesgo por lo que se hacen las recomendaciones técnico operativas en el apartado siguiente.

De las sustancias involucradas, existen tres combustibles (gasolina, diesel y propano) empleados en las áreas de servicio minero (para suministro a maquinaria y equipo, área de talleres, vehículos automotores y generadores), los cuales poseen característica CRETIB de inflamables, y aún cuando no rebasan la cantidad de reporte (citada para gasolina y propano) pero sí existen estadísticas nacionales de antecedentes de riesgo asociado al manejo de la sustancia, no se descarta su valoración en la identificación de riesgos, con el propósito de contar con elementos cuantitativos para prevenir eventos riesgosos no deseados en el proyecto minero Dolores. En la evaluación de fuga y derrame de gasolina realizada se que las labores de trasiego son más significativas que el almacenamiento mismo en planta minera, debido a un mayor volumen contenido (15 m³ contra 12.27 m³ almacenado) y a las labores de descarga del combustible. Para el evento de fuga que genere derrame, el diesel fue evaluado en su peor evento, donde la radiación máxima de una bola de fuego producida por el incendio en el área de recepción de diesel, quemando este mismo combustible se encuentra dentro de los límites del proyecto minero. Las condiciones que conducen a un peligro de fuga, de incendio o de explosión en el almacenamiento de gas propano, los efectos serían muy localizados inmediatos a la planta Merrill Crowe.

El nitrato de amonio es la única sustancia asociada al proceso de minado, al formar parte del armado de explosivos y resguardado en área de polvorín en apego a las disposiciones contempladas por la Secretaría de Defensa Nacional (SEDENA); posee la característica CRETIB de explosiva (una vez armada con los aditivos y detonadores) por lo que se incluye en la identificación de riesgos ambientales. En la modelación del riesgo de explosión identificado en el manejo de explosivos, de presentarse una explosión asociada al área de polvorín con la masa indicada de nitrato de amonio y fuente de ignición disponible, en

menos de un minuto detonaría la carga, llegando a ser perceptible hasta los 5,147.4 m, con parcial destrucción de estructuras a los 135.33 m y un radio fatal hasta de 35.35 m de la población expuesta. Sería muy rápida la radiación térmica, hasta los 174.6 m con alto riesgo a 119.4 m. Este es el caso y la única sustancia que rebasaría los límites de las instalaciones mineras. A excepción del uso y manejo en el área de polvorín de nitrato de amonio, el resto de los eventos riesgosos de potencial ocurrencia con el manejo de sustancias, queda dentro de los límites de la superficie solicitados a favor de la compañía promovente del proyecto minero Dolores.

El óxido de calcio por su parte, se emplea en el área de trituración del material minado, contenido en silo de suministro, como cal activa al 83% pero al carecer de propiedades químicas reactivas o tóxicas al ambiente que involucre cuidados especiales (adicional a un manejo eficiente) y no asociarse a estadísticas de riesgo ni a cantidad de reporte contemplado, no se incluye en la identificación de riesgos ambientales.

El resto de las sustancias (cianuro de sodio, polvo de zinc, ácido polimaleico, tierra de diatomeas, bórax, carbonato de sodio, nitrato de potasio e hidróxido de sodio) se manejarán en la planta de beneficio del proceso minero. Destaca el cianuro de sodio, cuyo consumo rebasa la cantidad de reporte del primero y segundo listado de actividades altamente riesgosas), existen antecedentes de riesgo y la sustancia es reactivamente tóxica, por lo que su identificación y posterior evaluación de riesgo reviste particular importancia. Se indagará además en el hidróxido de sodio la identificación de riesgo para considerar si es factible o no, su evaluación de riesgos. El resto de las sustancias por sus propiedades químicas y dado que no existen riesgos estadísticos antecedentes, no rebasan cantidad de reporte, los límites de exposición y/o las cantidades de consumo y/o concentración en proceso no son relevantes, se descarta su identificación de riesgos. En la situación donde el hidróxido de sodio exista una fuga por mal manejo o fractura del tanque de mezclado de mezclado, se presentaría una toxicidad conocida de 250 mg/m³ (126 ppm) donde, derivado de la masa fugada, a nivel de piso existirán concentraciones hasta los 1295.1 m, donde la concentración de interés quedó en los 121.01 m con un tiempo de arribo desde la fuente donde se generó el evento de derrame de 1.1 min, persistiendo hasta por 2.9 hrs.

Es importante destacar que las situaciones de riesgo asociadas al cianuro de sodio, poseen vital relevancia para el desarrollo minero Dolores y al estudio de riesgo desarrollado, toda vez que se ha venido mencionando que es la única sustancia que excede la cantidad de reporte y convierte al proyecto en actividad altamente riesgosa, a la par de la toxicidad de la sustancia, en especial por la generación de ácido cianhídrico bajo condiciones no controladas en un evento potencial de riesgo. Fueron tres los casos analizados en el manejo del cianuro de sodio, derivado de su preparación en el proceso, siendo la solución pobre de proceso, en el tanque de mezclado y en tanque de distribución. Considerando el potencial de la sustancia a generar vapores tóxicos, a nivel de piso existirán concentraciones tóxicas con tiempo de arribo que requieren distancia segura de salvaguarda, donde para el caso de solución pobre alcanzaría una distancia de 328.28 m, en el tanque de mezclado de 252 m y 253 m en el tanque de distribución. Abarcarían como afectación toda el área de la planta Merrill Crowe.

Todos los planes y programas de seguridad ante eventos extraordinarios que deberán ser desarrollados por la planta minera tendrán como función principal minimizar los eventos riesgosos y basarse en primera instancia a las condiciones de operación y situaciones de riesgo aquí descritos.

Compañía Minera Dolores S.A. de C.V.

Resumen

VII.3 Informe técnico

| | | | |
|---|---|-------------------------------------|---|
| Fecha de Ingreso | Noviembre, 2005 | | |
| DATOS DE LA COMPAÑÍA ENCARGADA DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE RIESGO | | | |
| Compañía | Delia Patricia Aguayo Hurtado | Registro | |
| Nombre de la persona responsable | Delia Patricia Aguayo Hurtado | Cargo | Consultor Ambiental |
| DATOS GENERALES DE LA EMPRESA | | | |
| No. de Registro INE | | R.F.C. | MDO970311D36 |
| Nombre | Compañía Minera Dolores S.A. de C.V. | | |
| Nombre del Proyecto | Dolores | | |
| Objeto de la Instalación o Proyecto | Minería, proyecto minero-metalúrgico. | | |
| UBICACIÓN DE LAS INSTALACIONES | | | |
| Calle y Número | Ejido Huizopa | Colonia/Localidad | Mineral de Dolores |
| Municipio/Delegación | Madera | Estado | Chihuahua |
| Código Postal | | | |
| DOMICILIO PARA OIR O RECIBIR NOTIFICACIONES | | | |
| Calle y Número | Lázaro de Baigorrry No. 12 Esq. Con Diego de Vilchis | | Colonia/Localidad |
| Municipio/Delegación | Chihuahua | | Estado |
| Código Postal | 31240 | | |
| Teléfonos | (614)4266560 | Fax | (614)4266566 |
| | | Correo electrónico | rene@minefinders.com |
| Nombre del representante de la empresa | Ing. René López Félix Mladosich | | |
| Cargo | Representante legal | | |
| GIRO DE LA EMPRESA | | | |
| <input type="checkbox"/> | Petróleo y derivados | <input type="checkbox"/> | Petroquímico |
| <input type="checkbox"/> | Otros especificar | <input type="checkbox"/> | Químico |
| | | <input checked="" type="checkbox"/> | Metalúrgico |
| USO DE SUELO DONDE SE ENCUENTRA LA EMPRESA | | | |
| <input type="checkbox"/> | Agrícola | <input checked="" type="checkbox"/> | Rural |
| <input type="checkbox"/> | Comercial | <input type="checkbox"/> | Mixto |
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | Habitacional |
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | Industrial |
| LA EMPRESA SE ENCUENTRA UBICADA EN UNA ZONA CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS | | | |
| <input type="checkbox"/> | Zona industrial | <input type="checkbox"/> | Zona habitacional |
| <input type="checkbox"/> | Parque industrial | <input type="checkbox"/> | Zona urbana |
| <input type="checkbox"/> | | <input checked="" type="checkbox"/> | Zona suburbana |
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | Zona rural |
| LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA | | SUPERFICIE | |
| Latitud Norte | Longitud Oeste | Requerida | 5,227,500 m ² (522.75 ha) |
| 29°01' 5.4" | 108° 34' 8.8" | | |
| 29° 01' 0.5" | 108° 29' 43.4" | Total | 5,948,300 m ² (594.83 ha) |
| 28° 57' 40.9" | 108° 34' 13.6" | | |
| 28° 57' 36.01" | 108° 29' 48.35" | | |

Sustancias manejadas en el proyecto minero Dolores

| Nombre químico de la Sustancia (IUPAC) | Caso | No. CAS | Densidad (g/cm ³) | Riesgo Químico | | | | | | Capacidad Total | Capacidad de la Mayor Unidad de Almacenamiento |
|--|-------------|------------|-------------------------------|----------------|---|---|---|---|---|-----------------|--|
| | | | | C | R | E | T | I | B | Almacenamiento | |
| Mezcla de hidrocarburos (gasolina) | GASOLINA-1 | 8006-61-9 | 0.86 | | | | x | x | | 15 m3 | Variable según el autotanque de suministros |
| | GASOLINA-2 | 8006-61-9 | 0.86 | | | | x | x | | 12.27 m3 | 12.27 m3 |
| Mezcla de hidrocarburos (diesel) | DIESEL-1 | 68334-30-5 | <0.86 | | | | x | x | | 738 m3 | 278 m3 |
| | DIESEL-2 | 68334-30-5 | <0.86 | | | | x | x | | 250 m3 | Variable según el autotanque de suministros |
| Nitrato de Amonio (ANFO) | VOLADURAS-1 | 6484-52-2 | 1.7 | | | x | | x | | 180 ton | 60 ton |
| | VOLADURAS-2 | 6484-52-2 | 1.7 | | | x | | x | | 16 ton | 16 ton |
| Propano | PROPANO-1 | 74-98-6 | 0.504 | | | | | x | | 45.5 m3 | 38 m3 |
| | PROPANO-2 | 74-98-6 | 0.504 | | | | | x | | 25 m3 | Variable según el autotanque de suministros |
| Hidróxido de Sodio | HIDROXIDO-1 | 1310-73-2 | 1.53 | x | | | | | | 9.53 m3 | 9.53 m3 |
| Cianuro de sodio | CIANURO-1 | 110-82-7 | 0.86 | x | | | x | | | 1767 m3 | 1767 m3 |
| | CIANURO-2 | 110-82-7 | 0.86 | x | | | x | | | 34 m3 | 34 m3 |
| | CIANURO-3 | 110-82-7 | 0.86 | x | | | x | | | 51 m3 | 51 m3 |

Identificación y Jerarquización de riesgos ambientales en el proyecto minero Dolores

| No. De Falla | No. De Evento | Falla | Accidente hipotético | | | Etapa de Operación | | | | Ubicación Unidad o equipo de proceso | Metodología empleada para la identificación de riesgo | |
|--------------|---------------|--------------------------------|----------------------|----------|-----------|--------------------|---------|------------|-----------|---|---|---|
| | | | Fuga | Incendio | Explosión | Almacenamiento | Proceso | Transporte | Servicios | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | GASOLINA-1 | Gasolina | x | x | x | | | | | x | Tanque de suministro | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | GASOLINA-2 | | x | x | x | x | | | | | Tanque de almacenamiento en servicios auxiliares | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | DIESEL-1 | Diesel | x | x | | x | | | | | Tanque de almacenamiento en servicios auxiliares | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | DIESEL-2 | | x | x | | | | | | x | Tanque de suministro | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | VOLADURAS-1 | Nitrato de amonio (explosivos) | | | x | | x | | | | Polvorín | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | VOLADURAS-2 | | | | x | | x | | | | Transporte armado para minado | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | PROPANO-1 | Propano | x | x | x | | x | | | | Fundición | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | PROPANO-2 | | x | x | x | | | | | x | Taller | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | HIDROXIDO-1 | Hidróxido de sodio | x | x | | | | | | x | Tanque de mezclado | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | CIANURO-1 | Cianuro de sodio | x | | | | x | | | | Tanque de solución pobre | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | CIANURO-2 | | x | | | | x | | | | Tanque de mezclado | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |
| | CIANURO-3 | | x | | | | x | | | | Tanque de distribución | What if..., Matriz de jerarquización y ARCHIE Versión 1.0 |

Estimación de consecuencias por eventos potenciales no controlados en el proyecto minero Dolores

| No. de Falla | No. de Evento | Sustancia | Tipo de liberación | | Cantidad hipotética liberada | | Estado físico | Programa de simulación empleado | Zona de alto riesgo | | Zona de amortiguamiento | |
|--------------|---------------|--------------------------------|--------------------|----------|------------------------------|---------|---------------|---------------------------------|---------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| | | | Masiva | Continua | Cantidad | Unidad | | | Distancia (m) | Tiempo (min) | Distancia (m) | Tiempo (min) |
| | GASOLINA-1 | Gasolina | | x | 1408.91 | lbs/min | Líquido | ARCHIE Versión 1.0 | 30.78 | 15 | 118.3 | 15 |
| | GASOLINA-2 | | | x | 535.33 | lbs/min | Líquido | ARCHIE Versión 1.0 | 18 | 15 | 65.8 | 15 |
| | DIESEL-1 | Diesel | | x | 6789 | lbs/min | Líquido | ARCHIE Versión 1.0 | 97.8 | 15 | 139 | 15 |
| | DIESEL-2 | | | x | 1924 | lbs/min | Líquido | ARCHIE Versión 1.0 | 91.7 | 15 | 135.6 | 15 |
| | VOLADURAS-1 | Nitrato de amonio (explosivos) | x | | 60 | ton | Sólido | ARCHIE Versión 1.0 | 23.4 | 15 | 135.33 | 15 |
| | VOLADURAS-2 | | x | | 16 | ton | Sólido | ARCHIE Versión 1.0 | 8.5 | 15 | 45.33 | 15 |
| | PROPANO-1 | Propano | x | | 15.57 | lbs/min | Gas | ARCHIE Versión 1.0 | 3.65 | 2.69 | 11.58 | 2.69 |
| | PROPANO-2 | | x | | 18.5 | lbs/min | Gas | ARCHIE Versión 1.0 | 1.82 | 15 | 16.7 | 15 |
| | HIDROXIDO-1 * | Hidróxido de sodio | | x | 5144 | lbs/min | Líquido | ARCHIE Versión 1.0 | 30.48 | 2.54 | 1295.1 | 2.54 |
| | CIANURO-1 ** | Cianuro de sodio | | x | 2,233.50 | lbs/min | Líquido | ARCHIE Versión 1.0 | 94.79 | 15 | 320 | 15 |
| | CIANURO-2 ** | | | x | 1,823.20 | lbs/min | Líquido | ARCHIE Versión 1.0 | 56.7 | 10.2 | 244.1 | 10.2 |
| | CIANURO-3 ** | | | x | 2,083.50 | lbs/min | Líquido | ARCHIE Versión 1.0 | 93.27 | 13.45 | 260.3 | 13.45 |

Criterio de asignación de valor, cuando se revisó el IDLH y el TLV asociado a la sustancia, el valor asignado en la estimación de consecuencias es el peor caso (la distancia mayor) como margen de seguridad. La tabla VI.28 del documento presenta los dos va

Criterios utilizados en la estimación de eventos potenciales no controlados en el proyecto minero Dolores

| No. de Falla | No. de Evento | SUSTANCIA | Toxicidad | | | | Explosividad (distancia en m) | | Radiación Térmica (distancia en m) | | Otros Criterios |
|--------------|---------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| | | | IDHL | TLV8 | Velocidad del Viento (m/seg) | Estabilidad Atmosférica | 0.035 kg/cm ² | 0.070 kg/cm ² | 1.4 kW/m ² | 5.0 kW/m ² | |
| | GASOLINA-1 | Gasolina | 1100 ppm | | 2.5 | F | | 118.3 | | 44.07 | |
| | GASOLINA-2 | | 1100 ppm | | 2.5 | F | | 65.8 | | 174 | |
| | DIESEL-1 | Diesel | | 5 mg/m ³ | 2.5 | F | | | | 97.8 | |
| | DIESEL-2 | | | 5 mg/m ³ | 2.5 | F | | | | 125.6 | |
| | VOLADURAS-1 | Nitrato de amonio (explosivos) | 500 mg/m ³ | | 2.5 | F | | 135.3 | | | |
| | VOLADURAS-2 | | 500 mg/m ³ | | 2.5 | F | | 45.33 | | | |
| | PROPANO-1 | Propano | 2000 ppm | | 2.5 | F | | 11.58 | | 30.78 | |
| | PROPANO-2 | | 2000 ppm | | 2.5 | F | | 16.7 | | 30.78 | |
| | HIDROXIDO-1 | Hidróxido de sodio | 250 mg/m ³ | 2 mg/m ³ | 2.5 | F | | | | | Toxicidad asociado al IDLH 30.48 m |
| | CIANURO-1 | Cianuro de sodio | 50 mg/m ³ | 5 mg/m ³ | 2.5 | F | | | | | Toxicidad asociado al IDLH 94.79 m |
| | CIANURO-2 | | 50 mg/m ³ | 5 mg/m ³ | 2.5 | F | | | | | Toxicidad asociado al IDLH 56.7 m |
| | CIANURO-3 | | 50 mg/m ³ | 5 mg/m ³ | 2.5 | F | | | | | Toxicidad asociado al IDLH 93.27 m |

