CREACION DE LA HERRAMIENTA SIG PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL EN EXPLOTACION DE CANTERAS DE AGREGADOS PETREOS, APLICADA A LA CANTERA “EL PENCAL” EN EL MUNICIPIO DE MOSQUERA - CUNDINAMARCA

Presentado Por:
RICHARD CANTOR HERNÁNDEZ
MICHAEL EDUARDO BULLA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
2015

CREACION DE LA HERRAMIENTA SIG PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL EN EXPLOTACION DE CANTERAS DE AGREGADOS PETREOS EN CUNDINAMARCA APLICADA A LA CANTERA "EL PENCAL" UBICADO EN EL MUNICIPIO DE MOSQUERA

Presentado Por:
RICHARD CANTOR HERNÁNDEZ
MICHAEL EDUARDO BULLA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO TOPOGRAFICO

DIRECTORA:
ING ROSE MARIE ALDANA BOUTIN

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
2015

Agradecimientos

Primeramente doy gracias a dios por permitirme tener la experiencia de estudiar en tan prestigiosa universidad, gracias a mi universidad por permitirme ser un profesional en lo que tanto me apasiona, gracias a mi esposa y mi hija por darme las fuerzas de continuar luchando por alcanzar este éxito.
Quiero expresar mis sinceros agradecimientos a mi asesor de tesis, Msc. Esperanza Calderón por su confianza y dedicación en la elaboración de este documento y a mi directora revisora Ing. Rose Mary Aldana y al Ing. Miguel Cepeda.

Agradecimientos

(***Música de Slayer***)

En primera instancia doy gracias a mí mismo por el esfuerzo aplicado durante el tiempo aprovechado y perdido estando en tan prestigiosa universidad, gracias al estado, a mi universidad, al equipo profesional que me guio y me ayudo a formar dentro de tan hermosa carrera que desde antes de este momento me ha dado tanto, y a las personas que hicieron de este camino la experiencia más importante de mi vida. Quiero expresar mis sinceros agradecimientos a mi asesor de tesis, Msc. Esperanza Calderón por su confianza y dedicación en la elaboración de este documento y a mi directora revisora Ing. Rose Mary Aldana y al Ing. Miguel Cepeda.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION ____ *12*

1 OBJETIVOS ____ *13*

1.1 GENERAL ____ **13**

1.2 ESPECIFICOS ____ **13**

2 JUSTIFICACION ____ *14*

3 ASPECTOS GENERALES AMBIENTALES ____ *15*

3.1 EVALUACION AMBIENTAL ____ **15**

3.1.1 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL ____ 16

3.1.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL EN PROYECTOS ____ 17

3.2 IMPACTO AMBIENTAL ____ **18**

3.2.1 LAS CAUSAS DE IMPACTO ____ 19

3.2.2 CLASES DE IMPACTOS ____ 20

3.2.2.1 IMPACTOS DE SOBREEXPLOTACIÓN ____ 20

3.2.2.2 IMPACTOS DE OCUPACIÓN/TRANSFORMACIÓN DEL ESPACIO Y/O CAMBIO EN LOS USOS DEL SUELO ____ 20

3.2.2.3 IMPACTOS DE CONTAMINACIÓN ____ 21

3.2.2.4 IMPACTO DERIVADO DEL DECLIVE O AUSENCIA DE ACTIVIDAD ____ 21

3.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA PROYECTOS DE MINERIA ____ **22**

3.3.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN ____ 23

3.4 NORMATIVIDAD COLOMBIANA EN PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO ____ **26**

3.5 GUIA MINERO AMBIENTAL – EXPLOTACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO **27**

4 ASPECTOS GENERALES DE LAS BASES DE DATOS ____ *28*

4.1 BASES DE DATOS ____ **28**

4.1.1 DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL ____ 28

4.1.2 DISEÑO DEL MODELO ENTIDAD – RELACIÓN ____ 29

4.1.2.1 TIPOS DE RELACIÓN ____ 29

4.1.3 DISEÑO DEL MODELO LOGICO ____ 31

4.1.4 DISEÑO DEL MODELO FÍSICO ____ 31

4.1.5 SISTEMAS DE GESTIÓN DE BASES DE DATOS (DBMS) ____ 31

5 ASPECTOS GENERALES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA ____ *32*

5.1 FUNCIONES FRECUENTES EN UNA APLICACIÓN SIG ____ **33**

5.2 SUBSISTEMAS DE UN SIG ____ **37**

5.2.1 ENTRADA DE DATOS 37
5.2.2 MANIPULACIÓN 38
5.2.3 ADMINISTRACIÓN 39
5.2.4 BÚSQUEDAS 39
5.2.5 ANÁLISIS 39
5.2.6 ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN 40

5.3 VISUALIZACIÓN 40

5.4 COMPONENTES DE UN SIG 41
5.4.1 HARDWARE 42
5.4.2 SOFTWARE 42
5.4.3 DATOS 42
5.4.4 PERSONAL 43

5.5 EJEMPLOS DE APLICACIONES SIG 43
5.5.1 MEDIO AMBIENTE 43

6 PLANTEAMIENTO DE LA HERRAMIENTA SIG PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL EN CANTERAS DE AGREGADOS PETREOS A CIELO ABIERTO 44

6.1 PROBLEMA 44

6.2 USUARIOS 45
6.2.1 USUARIOS PRIMARIOS 45
6.2.2 USUARIOS SECUNDARIOS 45

6.3 INSUMOS CARTOGRÁFICOS 46
6.3.1 ASPECTO FISICO 46
6.3.2 ASPECTO BIOTICO 46
6.3.3 ASPECTO GESTION SOCIAL 46
6.3.4 OTROS INSUMOS 46

6.4 PRODUCTOS 46

7 METODOLOGIA PARA CREAR LA HERRAMIENTA SIG PARA EL SEGUIMIENTO A LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL EN PROYECTOS DE EXPLOTACION MINERA A CIELO ABIERTO. 47

7.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL 47
7.1.1 VARIABLES DE ASPECTO FÍSICO 47
7.1.2 VARIABLES ASPECTO BIÓTICO 49
7.1.3 VARIABLES ASPECTO GESTION SOCIAL 49
7.1.4 VARIABLES ASPECTO TÉCNICO 50

7.2 DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL 51
7.2.1 INDICADORES ASPECTO FÍSICO 51
7.2.2 INDICADORES ASPECTO BIÓTICO 54
7.2.3 INDICADORES ASPECTO GESTIÓN SOCIAL 55

7.2.4 INDICADORES ASPECTO TÉCNICO 56

7.3 UBICACIÓN ESPACIAL DE LOS INDICADORES DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL 56

7.3.1 UBICACIÓN ESPACIAL DEL INDICADOR FISICO 57
7.3.2 UBICACIÓN ESPACIAL DEL INDICADOR BIOTICO 59
7.3.3 UBICACIÓN ESPACIAL DEL INDICADOR DE GESTIÓN SOCIAL 60
7.3.4 UBICACIÓN ESPACIAL DEL INDICADOR TECNICO 62

7.4 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LOS INDICADORES DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL 63

7.4.1 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE INDICADORES ASPECTO FÍSICO 63
7.4.2 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE INDICADORES ASPECTO BIÓTICO 71
7.4.3 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DEL ASPECTO GESTIÓN SOCIAL 74
7.4.4 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DEL ASPECTO TÉCNICO 76

7.5 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO 79

7.5.1 FORMATO DE CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL 80

8 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACION DE LA HERRAMIENTA SIG PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL EN PROYECTOS DE EXPLOTACION MINERA DE LA CANTERA EL "PENCAL" UBICADO EN EL MUNICIPIO DE MOSQUERA, CUNDINAMARCA 78

9 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS 79

9.1 MODELO CONCEPTUAL 79

9.2 MODELO ENTIDAD RELACIÓN 80

9.3 MODELO LÓGICO 81

9.4 MODELO FÍSICO 82

9.4.1 ELECCIÓN DEL SOFTWARE 82
9.4.2 BASE DE DATOS GEOGRÁFICA 82
9.4.3 BASE DE DATOS GRAFICA 83
9.4.4 BASE DE DATOS ALFANUMÉRICA 84

9.5 INTEGRACIÓN DE LAS BASES DE DATOS 84

9.5.1 TOPOLOGÍA 84

10 METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO 85

10.1 MODELBUILDER 85

10.1.1 CREACIÓN DE MODELO 85

11 ANALISIS DE LOS RESULTADOS 87

11.1 MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO 86

11.2 MAPA DE CONFLICTOS _____ **87**

_____ **87**

11.3 MAPA DE INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO _____ **88**

_____ **88**

11.4 MAPA DE COBERTURAS VEGETALES _____ **89**

_____ **89**

11.5 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DEL AREA DELPROYECTO _____ **90**

12 CONCLUSIONES _____ ***88***

13 BIBLIOGRAFIA _____ ***90***

Referencias _____ ***90***

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1 EVALUACION AMBIENTAL EN PROYECTOS MINEROS, FUENTE: (Banco Mundial, 1991)..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 2 INTERPRETACION DEL IMPACTO, FUENTE: (Gómez Orea, 1999) ... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 3 REPRESENTACION GRAFICA FACTOR AMBIENTAL VS ACTIVIDAD CAUSANTE, FUENTE: (Gómez Orea, 1999)..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 4 IMPACTO DERIVADO AL DIAGNOSTICO, FUENTE: (Gómez Orea, 1999) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 5 IMAGEN DETALLADA DE UN SISTEMA DE BASE DE DATOS, FUENTE: (LLera, 2008) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 6 RELACIONES DE CARDINALIDAD, FUENTE: (Storti, Ríos, & Campodonico, 2007) ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 7 Modalidad..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 8 Ejemplo de E-R, FUENTE: (Storti, Ríos, & Campodonico, 2007)..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 9 BUSQUEDA EN UNA APLICACION SIG, FUENTE: (Costa 2009)..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 10 ANALISIS DE IMPACTO AMBIENTAL EN UN SIG, FUENTE: (Costa 2009)..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 11 CENTRO DE UN MULTIPOLIGONO, FUENTE: (G.J. Meaden, 1992) ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 12 CAJA CONTENEDORA DE UN MULTIPOLIGONO, FUENTE: (G.J. Meaden, 1992) ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 13 GEOMETRIAS CON BUFFER, FUENTE: (G.J. Meaden, 1992) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 14 ENVOLVENTE CONVEXA DE UN CONJUNTO DE GEOMETRIAS, FUENTE: (G.J. Meaden, 1992) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 15 INTERSECCION DE DOS GEOMETRIAS, FUENTE: (G.J. Meaden, 1992) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 16 UNION DE DOS GEOMETRIAS, FUENTE: (G.J. Meaden, 1992)..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 17 DIFERENCIA DE DOS GEOMETRIAS, FUENTE: (G.J. Meaden, 1992)..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 18 DIFERENCIA SIMETRICA DE DOS GEOMETRIAS, FUENTE: (G.J. Meaden, 1992) ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 19 ENTRADA DE DATOS, FUENTE: (google, página web entrada de dados a un SIG 2014).....*38*
Grafica 20 MANIPULACION Y COMPONENTES, FUENTE: (google, página web manipulación de dados a un SIG 2014) ..... ***¡Error! Marcador no definido.***
Grafica 21 ANALISIS DE PROXIMIDAD, FUENTE: (google, página web análisis de proximidad 2014).....*40*
Grafica 22 ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN, FUENTE: (google, página web superposición en un SIG 2014) .*40*
Grafica 23 VISUALIZACION DE UN SIG, FUENTE: (google, página web visualización de un SIG 2014) *41*
Grafica 24 COMPONENTES DE UN SIG, FUENTE: (google, página web componentes de un SIG 2014) *41*
Grafica 25 PARAMETROS DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO PARA EL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL, FUENTE: (Ministerio De Minas Y Energía) *70*
Grafica 26 Diagrama general Entidad – Relación, FUENTE: PROPIA.....*80*
Grafica 27 Esquema modelo lógico en ModelBui, FUENTE: PROPIA *81*

TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1 ECUACION TIEMPO DE CONCENTRACION *63*
Ecuación 2 FACTOR DE FORMA DE LAS CORRIENTES *64*
Ecuación 3 COEFICIENTE DE COMPACIDAD *64*
Ecuación 4 ECUACION DE CAUDAL POR ACTIVIDAD *64*
Ecuación 5 ECUACION DE LA PENDIENTE DEL CAUCE *64*
Ecuación 6 ECUACION PORCENTAJE DE REMOCION DBO *65*
Ecuación 7 ECUACION PORCENTAJE DE REMOCION DE GRASA *65*
Ecuación 8 PORCENTAJE NUMERO DE PARAMETROS QUE CUMPLE EL SISTEMA *65*
Ecuación 9 PORCENTAJE DEL VOLUMEN DE AGUA INTERVENIDA *65*
Ecuación 10 PORCENTAJE TOTAL DE INSPECCIONES *66*
Ecuación 11 PORCENTAJE CANTIDAD DE CORTES DE RESIDUOS SOLIDOS *66*
Ecuación 12 PORCENTAJE CANTIDAD DE RESIDUOS ORGANICOS *66*
Ecuación 13 PORCENTAJE DE RESIDUOS RECICLABLES *66*
Ecuación 14 PORCENTAJE CANTIDAD DE RESIDUOS TRATADOS *66*
Ecuación 15 PORCENTAJE MATERIAL RADIOACTIVO *67*
Ecuación 16 PORCENTAJE DE ADECUACION *67*
Ecuación 17 PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE LA PISCINA DE CORTES *67*
Ecuación 18 PORCENTAJE NUMERO DE ESTRUCTURAS DESMANTELADAS *68*
Ecuación 19 PORCENTJE DE AFECTACION ESTRATIGRAFICA *68*
Ecuación 20 PORCENTAJE DE AFECTACION EN EL AREA DEL PROYECTO *68*
Ecuación 21 PORCENTAJE MONITOREO DE AIRE *69*
Ecuación 22 PORCENTAJE MONITOREO DE RUIDO *69*
Ecuación 23 PORCENTAJE NUMERO DE VIAS AFECTADAS *71*
Ecuación 24 PORCENTAJE DE TRANSITO DE MAQUINARIA *71*
Ecuación 25 PORCENTAJE AREA AFECTADA COBERTURA VEGETAL *72*
Ecuación 26 PORCENTAJE AREA MANEJADA PLAN DE MANEJO AMBIENTAL *72*
Ecuación 27 PORCENTAJE DE ESPECIES UBICADAS EN EL AREA DE INFLUENCIA *72*
Ecuación 28 PORCENTAJE DE AFECTACION DE ESPECIES *72*
Ecuación 29 PORCENTAJE AREA POR USO DEL SUELO *73*
Ecuación 30 PORCENTAJE CAMBIO DE USO DEL SUELO *73*
Ecuación 31 PORCENTAJE AREAS REVEGETALIZADAS *73*
Ecuación 32 PORCENTAJE AREA AFECTADA DE CADA UNIDAD DE PAISAJE *73*
Ecuación 33 PORCENTAJE NUMERO DE HABITANTES POR AREA DE INFLUENCIA *74*
Ecuación 34 PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO DE SERVICIOS PUBLICOS *74*
Ecuación 35 PORCENTAJE VIVIENDAS AFECTADAS *74*
Ecuación 36 PORCENTAJE NUMERO DE VEREDAS AFECTADAS *74*
Ecuación 37 NUMERO DE CHARLAS Y REUNIONES *75*
Ecuación 38 NUMERO DE PERSONAS QUE PARTICIPO EN CHARLAS *75*
Ecuación 39 PORCENTAJE INQUIETUDES Y QUEJAS *75*
Ecuación 40 NUMERO DE MANO DE OBRA CALIFICADA *75*
Ecuación 41 NUMERO DE MANO DE OBRA NO CALIFICADA *76*
Ecuación 42 PARTICIPANTES DE PERSONAS EN CHARLAS *76*
Ecuación 43 PORCENTAJE DE EVALUACION DE TALLERES *76*
Ecuación 44 PORCENTAJE MAQUINARIA UTILIZADA EN EL PROYECTO *76*
Ecuación 45 PORCENTAJE EQUIPOS UTILIZADOS *77*

Ecuación 46 PORCENTAJE ETAPAS REALIZADAS *77*
Ecuación 47 PORCENTAJE DE AFECTACION SEGUN ETAPAS Y ENTORNO *77*
Ecuación 48 PORCENTAJE DE SEÑALIZACION EN EL AREA DEL PROYECTO *77*
Ecuación 49 PORCENTAJE IMPLEMENTACION PROTECCION DE EMPLEADOS *77*
Ecuación 50 PORCENTAJE DE CAPACITACIONES REALIZADAS *78*
Ecuación 51 PORCENTAJE NUMERO DE ASISTENTES CAPACITADOS *78*
Ecuación 52 PORCENTAJE INSPECCIONES REALIZADAS *78*
Ecuación 53 PORCENTAJE DE ACCIDENTES POR ETAPA *78*

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 PARAMETROS COMPONENTE AGUA *70*
Tabla 2 PARAMETROS COMPONENTE AGUA *70*
Tabla 3 EVALUACION Y GRADO DE CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO POR INDICADORES *79*
Tabla 4 CUADRO DE INFORMACION DE CUMPLIMIENTO FUENTE: (Ministerio De Minas Y Energía) *80*
Tabla 5 MATRIZ DE LAS RELACIONES ESPACIALES DE LA APLICACIÓN FUENTE: PROPIA *77*

INTRODUCCION

El siguiente trabajo de grado tiene como objetivo crear una herramienta que permita un seguimiento a los planes de manejo ambiental por medio del análisis de la información contenida en dicho documento, por tanto: “Es importante conocer que un plan de manejo ambiental es el objeto por medio del cual se establecen los parámetros pertinentes para proyectos de desarrollo en función del cuidado del ambiente, por lo tanto es el encargado de establecer acciones que permitan mitigar, compensar o prevenir los posibles impactos sobre el espacio en el que se ejecutan labores y su alrededor, los PMA son documentos legales que permiten a la autoridad ambiental realizar el seguimiento a las empresas que lo requieran, y debido a que es un documento técnico es de cumplimiento obligatorio para los casos establecidos por la normatividad colombiana” (Plan de Manejo Ambiental, E-QUAL, 2011).

Para llevar a cabo este proyecto fue necesario realizar las siguientes acciones: en primer lugar, con el plan de manejo ambiental de la cantera EL PENCAL ubicado en el municipio de Mosquera-Cundinamarca, se determinaron los parámetros, indicadores y la formulación de los posibles datos que pudieran ser medibles para hacerle el seguimiento a este plan. En segundo lugar, se elaboró la base de datos con sus respectivos modelos (conceptual, lógico, entidad–relación y físico de datos) la cual dio lugar para desarrollar el SIG, posterior a la creación de la base de datos, siendo este el objetivo para que mencionada herramienta procese el seguimiento y control de los planes de manejo ambiental que se tienen en esta cantera. Finalmente, se crearon los productos cartográficos a partir de la materialización de la Geodatabase en un software de aplicación como ArcGIS, en este proceso se permite el desarrollo de capas georeferenciadas para un debido geoprocesamiento para acceder a el análisis de la información según las etapas de seguimiento al plan de manejo ambiental de canteras de explotación de agregados pétreos.

Tras obtener los resultados de los análisis de la información se dispuso de los planos de la cantera “EL PENCAL” ubicada en el municipio de Mosquera-Cundinamarca, permitiendo el cruce de información del plan de manejo ambiental de esta cantera de agregados pétreos.

1 OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Crear una herramienta SIG para el seguimiento de los planes de manejo ambiental en explotación de canteras de agregados pétreos, aplicada a la cantera “El Pencal” en el municipio de Mosquera en el departamento de Cundinamarca.

1.2 ESPECIFICOS

1. Identificar los indicadores de seguimiento para las variables aplicadas a proyectos de minería a cielo abierto.

2. Desarrollar la herramienta SIG para el seguimiento de los planes de manejo ambiental y así darle continuidad al mismo en las canteras de agregados pétreos.

3. Facilitar la evaluación del plan de manejo ambiental durante todo el proceso de explotación del material en la cantera por medio de la generación de información digital y análoga de la cartografía del área del proyecto.

4. Analizar la calidad y la confiabilidad de la información arrojada en el procedimiento realizado por la aplicación SIG, comparando dicho producto final con los datos vigentes del PMA existente en el área intervenida.

2 JUSTIFICACION

En la actualidad la información y la tecnología avanzan de manera rápida lo cual hace que sea casi imposible no conocer los instrumentos tecnológicos que salen al mercado a diario, estás herramientas se han convertido en apoyos vitales para la ingeniería facilitando los procesos para ser más eficientes y eficaces la demanda actual, se pueden destacar por ejemplo, que en la Ingeniería Topográfica los Sistemas de Información Geográfica se posicionaron como uno de los principales soportes que permiten agilizar las actividades, por ello se creó una herramienta SIG para el seguimiento de los Planes de Manejo Ambientales en canteras de agregados pétreos a cielo abierto.

El objetivo principal del seguimiento a los Planes de Manejo Ambiental es el de verificar las medidas específicas con las que se puedan prevenir, controlar, mitigar y compensar los impactos producidos por la actividad minera, con base en esto se elaboró la herramienta SIG que permite obtener datos reales y verídicos de la zona de estudio y la cual arrojará la información cartográfica para identificar las zonas donde se originen los impactos ambientales haciendo posible una comparación del antes, durante y después de finalizar la actividad minera de los lugares que se puedan ver afectados por el desarrollo de esta actividad, ya sea por infraestructura de bienes y servicios, por la necesidad de mano de obra en fases de construcción, por explotación con algún artefacto explosivo o por el manejo de residuos sólidos y líquidos.

Las características principales para este proyecto pueden basarse en: la capacidad de manejo de datos, la facilidad por el modelamiento de datos espaciales y la capacidad de realizar análisis, sin embargo para llevar a cabo esta aplicación se debe contar con datos confiables y de calidad para no presentar errores en la ejecución de la herramienta.

Para la ejecución de la herramienta SIG se tomó como referencia los parámetros expresados en la Guía Minero Ambiental de Explotación establecida por los ministerios del Medio Ambiente, de Minas y Energía (resolución 18-0861de 2012), y el Plan de Manejo Ambiental de la cantera de agregados pétreos el “PENCAL” ubicada en el municipio de Mosquera-Cundinamarca, en la cual se orienta hacia las políticas y estrategias a nivel nacional, departamental, municipal y regional, lo que permite abordar la problemática ambiental de una forma eficaz logrando participar en los esfuerzos para el desarrollo ambiental sostenible de esta zona de explotación minera.

3 ASPECTOS GENERALES AMBIENTALES

3.1 EVALUACION AMBIENTAL

Según el Banco Mundial (1991) el término “evaluación ambiental” logra identificar el examen más intenso que se requiere para las operaciones de crédito que poseen impactos diversos y significativos sobre el medio ambiente. Las evaluaciones ambientales formales deben tratar los temas de la descripción del proyecto, datos del estudio base, impactos ambientales, análisis de las alternativas, plan de atenuación, requerimientos para el manejo ambiental (la capacitación), el plan de seguimiento, la coordinación interinstitucional y la consulta con las comunidades afectadas y con las organizaciones no gubernamentales (ONGS) locales.

El objetivo principal de la evaluación ambiental es el de asegurar al planificador que las opciones de desarrollo sean ambientalmente adecuadas y sustentables por tanto toda consecuencia ambiental debe ser reconocida pronto en el ciclo del proyecto y tomada en cuenta para el diseño del mismo. Es de vital importancia que el planificador tenga en cuenta el conjunto de elementos del sistema ambiental, los cuales puedan permitirle un análisis holístico de la situación a evaluar tomando en cuenta las potencialidades y oportunidades con las que cuenta, además este tipo de evaluación identifica maneras de mejorar ambientalmente los proyectos y minimizar, atenuar, o compensar los impactos adversos, logran también alertar pronto a los diseñadores del proyecto, las agencias ejecutoras y su personal sobre la existencia de problemas, en resumen las evaluaciones ambientales presentan las siguientes características: posibilitan tratar los problemas ambientales de manera oportuna y práctica, reducen la necesidad de imponer limitaciones al proyecto porque se puede tomar los pasos apropiados con anticipación o incorporarlos dentro del diseño del proyecto, finalmente ayudan a evitar costos y demoras en la implementación producidos por problemas ambientales no anticipados. Así mismo la evaluación ambiental permite ponderar las oportunidades de mejoramiento en la calidad y equilibrio de un sistema en función del factor antro pico que se ve afectado positiva o negativamente pero de manera directa (Banco Mundial, 1991).

La evaluación ambiental se encuentra íntimamente ligada a otros aspectos de la preparación del proyecto, lo cual garantiza que: cobren importancia las consideraciones ambientales durante la toma de decisiones referentes a la selección, ubicación y diseño del proyecto puesto que es necesario que su realización no retrase indebidamente el procesamiento del proyecto. Así mismo

es importante que no todos los desequilibrios de un sistema ecológico puede considerarse una problemática ambiental, pues dicho desequilibrio puede devenir precisamente de alguna alteración natural en las cadenas tróficas de los organismos que se encuentran involucrados. (Banco Mundial, 1991).

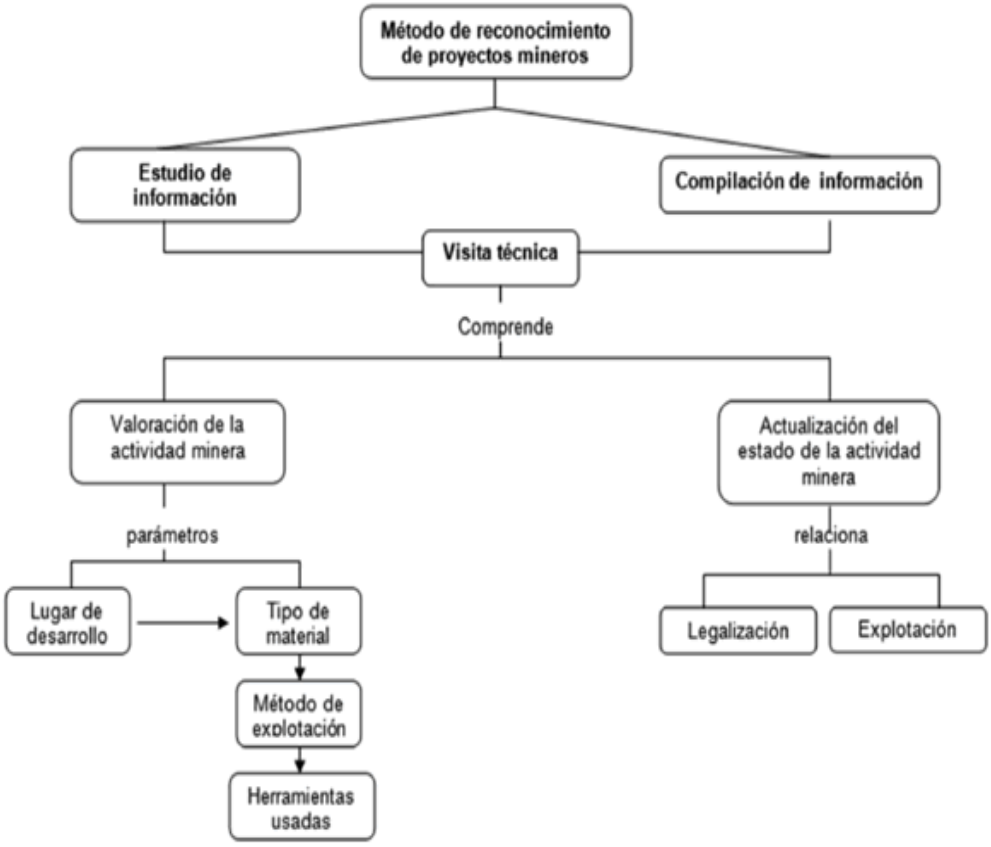


Figura 1.Evaluación ambiental y licencias ambientales en actividades mineras
Fuente: Banco Mundial, 1991.

3.1.1 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

La evaluación de impacto ambiental es ante todo y como su propio nombre lo indica: una valoración de los impactos que se producen sobre el ambiente por un determinado proyecto, nunca puede ser objetiva ya que tiene siempre connotaciones subjetivas debido a que la referencia es la calidad ambiental, un concepto subjetivo. La ciencia o una visión puramente objetiva del ambiente, aunque puede proporcionar las herramientas necesarias para justificar un argumento, no sirve para realizar la valoración en sí, ya que los factores éticos se escapan del ámbito científico y por lo tanto, no pueden considerarse objetivos, aunque no por ello deban ser arbitrarios.” (Salvador, 2010).

Una de las primeras evaluaciones que va a tener cualquier proyecto o actividad humana, siempre va a ser una valoración económica, es decir, una actividad se considera rentable si los beneficios superan el coste de la misma, este término “evaluación”, o *assesment* en inglés, tiene un significado economicista que hay que tener en cuenta para conocer la filosofía con la que se diseñó el procedimiento de evaluación de impacto ambiental. Darle un *valor* a los elementos ambientales, significa incluirlos dentro de los procesos de toma de decisiones, de los que de otra forma se verán excluidos. Este valor puede ser monetario o de otro tipo, pero tiene que ser comparable, al menos con otras alternativas o actuaciones posibles para poder influir en los análisis de costes-beneficios y en definitiva, en la toma de decisiones.” (Salvador, 2010).

3.1.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL EN PROYECTOS

Cada vez que se emprende el estudio de una propuesta de inversión se debe ser consciente de los efectos externos que implican sobre el ámbito geográfico próximo los cuales determinan cambios irreversibles sobre fauna, flora y también sobre las organizaciones sociales, es por esta razón que se decide incursionar en la dimensión ambiental de los proyectos teniendo en cuenta dos niveles diferentes de aproximación al tema: el primero de ellos es derivado del contundente y devastador o en muchas ocasiones irreversible efecto negativo que la mayoría de proyectos de desarrollo causan en el medio ambiente buscando en éste caso proponer una metodología que involucre en la contabilidad de los proyectos públicos y privados, es decir, los llamados "costos ambientales", el cual presenta una orientación que corresponde a una extensión y complemento de la evaluación que hasta aquí se ha presentado con los rótulos de financiera, económica y social, por tanto debe denominarse a lo anteriormente nombrado "evaluación ambiental de los proyectos". Y en segundo lugar, la forma como se evalúan los proyectos que se promueven y diseñan con un deliberado objetivo de mejorar, recuperar, reivindicar y/o mitigar efectos nocivos sobre algunos de los llamados "bienes ambientales" o también para promover a través de la sensibilización de las comunidades una actitud de respeto a los mismos, respaldando y dando fuerza a las autoridades que tienen la responsabilidad de las políticas en este sentido, por tanto se refiere a la "evaluación de proyectos ambientales.” (Miranda, 2012).

Tal como se viene afirmando las metodologías convencionales para identificar, formular y evaluar proyectos de producción de bienes o prestación de servicios para mercados claramente identificados, resultan insuficientes para explicar la conveniencia de asignar recursos hacia proyectos ambientales los cuales básicamente tienen como objetivos proteger, conservar o mejorar las

condiciones del medio ambiente, por tanto el proyecto ambiental determina una serie de impactos que se manifiestan en mercados no identificados, con efectos contundentes sobre bienes públicos o meritorios, sobre variables ambientales y sociales, cuya percepción es directa, pero cuya cuantificación, proyección y especialmente valoración supone altos grados de dificultad, superior a los métodos habitualmente empleados. Tras esto, se presenta un modelo simple que permite organizar la información pertinente con miras a estudiar, en primer lugar, la situación y el entorno (diagnóstico) de un determinado proyecto ambiental y en segundo lugar, identificar y valorar los costos, verificando la presencia de beneficios, aunque en la mayoría de los casos no tengamos la capacidad de dimensionarlos y valorarlos (Miranda, 2012).

3.2 IMPACTO AMBIENTAL

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (2003), define que este es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental y se exigirá en todos los casos en que se requiera licencia ambiental de acuerdo con la ley y este reglamento. Este estudio deberá corresponder en su contenido y profundidad a las características y entorno del proyecto, obra o actividad, por ejemplo la modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza (Ley General del Equilibrio Ecologico y la Proteccion al Ambiente, 1988).

Por tanto el impacto ambiental se origina en una acción humana y se manifiesta según tres facetas sucesivas:

- La modificación de alguno de los factores ambientales o del conjunto del sistema ambiental.

- La modificación del valor del factor alterado o del conjunto del sistema ambiental.

- La interpretación o significado ambiental de dichas modificaciones, y en último término, para la salud y bienestar humano. Esta tercera faceta está relacionada con la anterior ya que el significado ambiental de la modificación del valor no puede desligarse del significado ambiental del valor de que se parte.

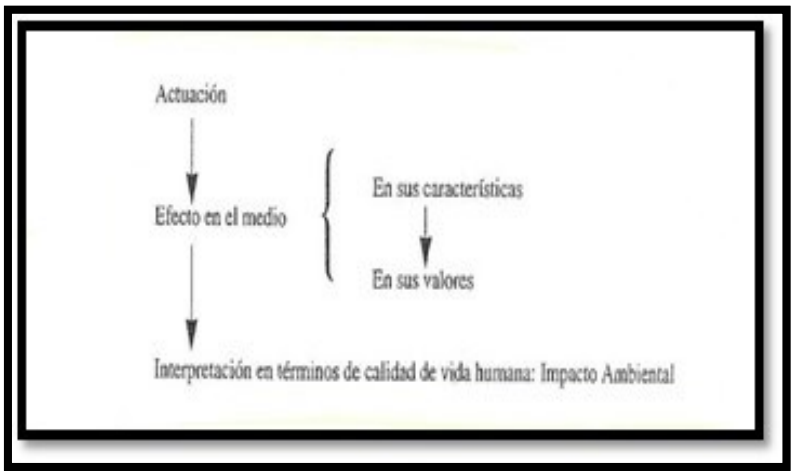


Figura 2. El impacto se asocia a la alteración del medio derivado de una acción humana (Gómez Orea, 1999).

El impacto puede ser actual y ocasionado por una actividad en funcionamiento, o potencial, y referirse, en este último caso, al riesgo de impacto de una actividad en marcha o a los impactos que se derivarían de una acción en proyecto, en caso de ser ejecutado.” (Gomez Orea, 1999).

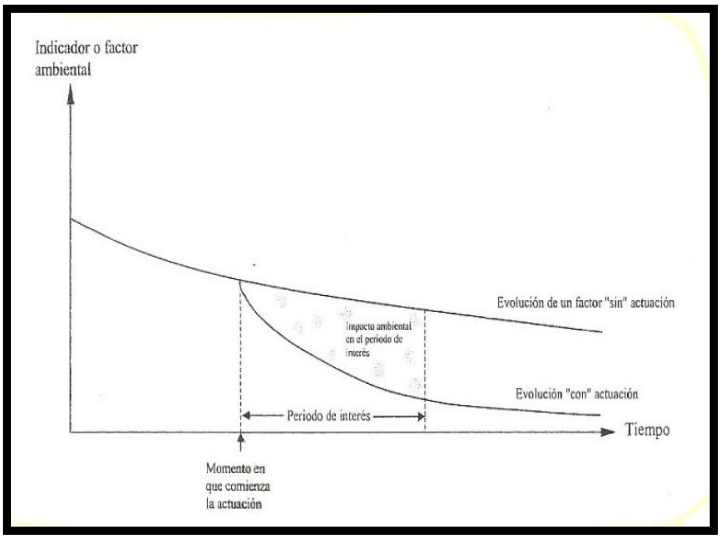


Figura 3. El impacto viene representado por la diferencia de evolución del factor alterado "con" y “sin” la actividad causante. (Gómez Orea, 1999).

3.2.1 LAS CAUSAS DE IMPACTO

Siempre que hay una actividad humana se producen impactos pero en la mayoría de casos son despreciables pues para que un impacto sea digno de atención debe ser significativo, afirmación respaldada por el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental que sugiere a esta idea cuando señala que

los estudios de impacto ambiental deben identificar los efectos notables, es decir, aquellos que son capaces de producir repercusiones apreciables" en los factores ambientales y aunque no concreta lo que debe entenderse por tal, no parece que este lejos del sentido que se da a continuación al termino significativo. Los criterios para que un impacto sea significativo coinciden con los que determinan la sostenibilidad de una actividad" (Gomez Orea, 1999).

3.2.2 CLASES DE IMPACTOS

Las interacciones entre el tipo y localización de las actividades causantes y las funciones del entorno en que se ubican sugieren una clasificación de los impactos la cual se encuentra basada en la naturaleza de tales interacciones ya que organiza los impactos en tres grandes bloques, a los que luego se añaden dos más: aquellos que derivan de la extracción de recursos naturales y materias primas, los que se producen por ocupación y transformación del espacio y los que resultan de la emisión de efluentes, a estos tres se añaden los denominados impactos de la pasividad los cuales son consecuencia del abandono de actividades tradicionales por parte del hombre o de la no intervención, y, por supuesto, los impactos positivos producidos cuando la acción humana se integra cuidadosamente en el medio.

3.2.2.1 IMPACTOS DE SOBREEXPLOTACIÓN

Estos efectos se asocian a aquellas actividades que utilizan recursos ambientales y no respetan los criterios de sostenibilidad que se describieron, por lo tanto se pueden, a su vez, ordenar así:

- Sobreexplotación de recursos naturales renovables.
- Extracción de recursos naturales no renovables.
- Utilización de recursos no renovables.

3.2.2.2 IMPACTOS DE OCUPACIÓN/TRANSFORMACIÓN DEL ESPACIO Y/O CAMBIO EN LOS USOS DEL SUELO

Los impactos se generan en ocasiones por la existencia de una discordancia entre la vocación de los ecosistemas y del territorio en general con la naturaleza y localización de las actividades humanas siendo así estos suelen ser de carácter definitivo y al venir denunciados externamente por la presencia de elementos o transformaciones físicas suelen ser muy evidentes.

3.2.2.3 IMPACTOS DE CONTAMINACIÓN

El impacto de contaminación se produce según un fenómeno complejo que se engloba bajo el nombre de contaminación el cual implica, primero la emisión de materiales o energía por una actividad, luego, su dispersión y transformación en el vector soporte resultando así unos niveles de inmisión y unas consecuencias sobre el hombre, los ecosistemas, la biocenosis o los bienes materiales.

3.2.2.4 IMPACTO DERIVADO DEL DECLIVE O AUSENCIA DE ACTIVIDAD

Este tipo de impacto se refiere a los que surgen por declive o ausencia de la intervención humana; se distinguen dos tipos:

- Subexplotación de recursos o ecosistemas.
- Impacto de la pasividad.” (Gomez Orea, 1999)

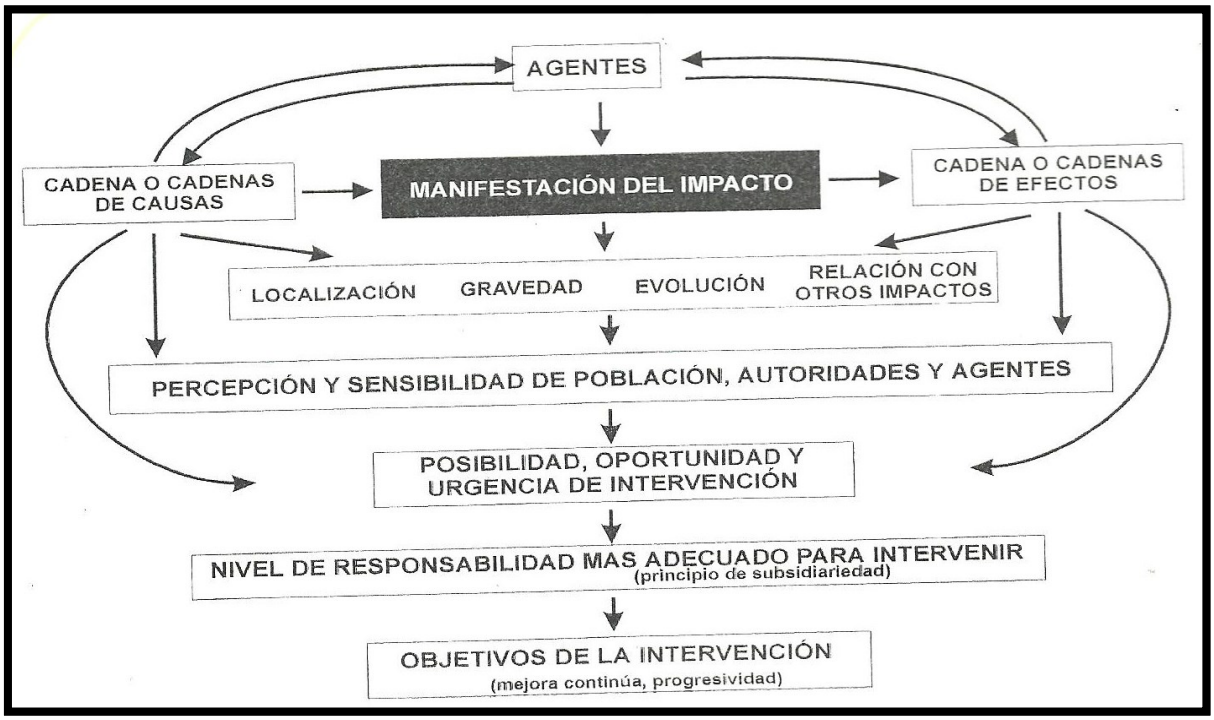


Figura 4. Elementos del diagnóstico de un impacto ambiental (Gómez Orea, 1999).

3.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA PROYECTOS DE MINERIA

Es el conjunto detallado de medidas y actividades las cuales son producto de una evaluación ambiental orientada desde un inicio a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos y efectos ambientales debidamente identificados, que se causen por el desarrollo de un proyecto, obra o actividad, en estos se incluye de manera relevante los planes de seguimiento, monitoreo, contingencia y abandono según la naturaleza del proyecto, obra o actividad.

El Plan de Manejo Ambiental podrá hacer parte del Estudio de Impacto Ambiental o como instrumento de manejo y control para proyectos obras o actividades que se encuentran amparados por un régimen de transición (Ministerio de ambiente, 2010).

Se debe indicar a nivel conceptual y de ingeniería básica, el contenido del plan de manejo ambiental, el cual debe contener fichas que incluyan entre otros los siguientes aspectos: (Ministerio de ambiente, 2010).

- Actividad o fenómeno que causa el impacto.
- Tipo de impacto (descripción).
- Efectos del impacto (cuantificación).
- Tipos de medidas (prevención, mitigación, control, compensación o corrección).
- Tecnologías recomendadas.
- Criterios de diseño de las obras.
- Ubicación de obras y momento de aplicación.
- Requisito del personal.
- Cronograma de ejecución de las actividades del plan de manejo.
- Costos unitarios por programa de inversión.
- Requerimientos de capacitación técnica.
- Programa de monitoreo y equipos a utilizar e instalar.
- Programas de mantenimiento de los sistemas e instrumentos de control.
- Tipos de informes y frecuencia.
- Responsables.

Los planes prestados deben incluir medidas específicas de prevención, control, mitigación y compensación de los impactos que se causan sobres los componentes geoesféricos, atmosférico, hidrosférico, biótico, paisajístico y

socio-económico y cultural lo mismo que las medidas preventivas al intervenir infraestructura existente.

3.3.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Las medidas deberán complementar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Sitios y/o actividades críticas.
- Capa vegetal y descapote.
- Manejo de efluentes líquidos.
- Manejo de aguas superficiales.
- Disposición y manejo de material estéril.
- Manejo y disposición de aguas residuales.
- Manejo de residuos sólidos.
- Procesos morfo dinámicos.
- Programa de restitución o adecuación morfológica del área intervenida.
- Programa de reforestación y/o revegetalización.
- Plan estratégico de gestión social.
- Plan de legalización de las actividades mineras.

Debe contener además:

- PROGRAMA DE CONTROL DE EROSIÓN: en este se debe describir las obras medidas para la protección para el control de erosión, como trinchos, gaviones, muros de contención, alcantarillas, cunetas, etc, el plan de recuperación de suelos, el manejo anual y final (Post–minería) de la zona de explotación, añadiendo también el uso potencial del suelo los cambios en los usos y el programas de investigación para la recuperación de las áreas intervenidas por la actividad minera.

- PROGRAMA DE REFORESTACIÓN Y/O REVEGETALIZACION: deberá comprender un programa completo de recuperación de cobertura, tan semejante como sea posible a la existente, el cual expondrá: las técnicas empleadas, especies utilizadas en las diferentes fases de la revegetalización, producción de material vegetal, instalación de viveros insitu, tamaño de las plantas, densidad de siembra, análisis de fertilidad de suelo y técnicas de enmiendas y de fertilización, implantación de cobertura rasante y horizonte orgánico, almacenamiento y recuperación del descapote para la revegetalización de taludes.

- PROGRAMA DE RESTITUCION O ADECUACION MORFOLOGICA DEL ÁREA INTERVENIDA: guiado a la recuperación paisajística, acciones de retrollenado y readecuación del área intervenida por la explotación a la morfología original, más la presentación del diseño de recuperación morfológica anual y el final (Post-minería), con programas de manejo y estabilidad de taludes.

- PLAN DE GESTION SOCIAL: programa y proyectos como mecanismos operativos del plan de gestión social, encaminados a prevenir, mitigar, rehabilitar y compensar los efectos sociales causados en las diferentes actividades del proyecto minero.

- CAPACITACION AMBIENTAL: se debe implementar un plan de capacitación y divulgación del PMA.

- PROGRAMA PARA LA REPOSICION DE DAÑOS: causados a la infraestructura, bienes y actividades de la zona, es decir, definir el tratamiento y mecanismos relacionados con la afectación de predios, bienes, semovientes, obras de infraestructura, cultivos, nacederos de agua, entre otros, es necesario presentar programas de información a los actores directamente implicados, todas las acciones previstas en cada uno de los casos identificados en la evaluación de impactos.

- PLAN DE MONITOREO: el plan de monitoreo establecerá las actividades que sea necesario adelantar y la responsabilidad en la verificación, vigilancia y evaluación de las acciones y obras planteadas en el Plan de Manejo Ambiental.

- Volúmenes de material removido y extraído, área intervenida y modificaciones al plan.

- Avances del plan de reforestación, revegetalización y restauración morfológica investigaciones que se llevan a cabo en este aspecto.

- Volumen de recursos naturales renovables utilizados, intervenidos y tipos de permisos obtenidos.

- Monitoreo hidrobiológico de los cuerpos de agua correlacionado con los análisis fisicoquímicos aledaños a la zona del proyecto.

- PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL: para el control de la efectividad del plan de manejo se deberá diseñar un programa de seguimiento ambiental, el cual debe comprender básicamente una interventoría, encargada de verificar el cumplimiento de los planes de manejo y gestión ambiental.

- COSTOS Y PRESUPUESTOS DEL PLAN: resumen de todos los costos y presupuestos para implementar las acciones del Plan de Manejo.

- CRONOGRAMA DE EJECUCION DEL PLAN: cronograma general del proyecto incluyendo las actividades por fases del proyecto; señalando las medidas, planes y programas de mitigación de los impactos causados y tiempos de implementación de cada plan, medida o programa a corto mediano o largo plazo y los avances de ejecución por periodos.

- PLAN DE CONTINGENCIA: se planteará y estructurará un plan de contingencia, con base en un análisis de los riesgos asociados con el proyecto., dentro de éste se tendrán en cuentas las medidas necesarias para evitar riesgos a la población ubicada en área de influencia directa del proyecto, ocasionados por eventos catastróficos naturales o de origen antrópico. En cualquier caso el plan de contingencia deberá ser un instrumento ágil y efectivo para implementar acciones remediales la cuales según las circunstancias no sean previstas para asegurar el mantenimiento de la calidad ambiental, al igual que las condiciones de vida de la población relacionada. El plan de contingencia para la actividad minera tendrá como propósito establecer una respuesta rápida, coordinada y eficaz, en los casos en que por fenómenos naturales o acciones de terceros, se presenten avalanchas, hundimientos, sismos u otros, con el fin de minimizar el impacto que ellos puedan tener sobre el área de influencia, el daño ambiental, las pérdidas económicas y los daños a terceros, añadiendo que el plan contendrá entre otros puntos: el alcance, el ámbito de aplicación, la estructura del plan y la organización. El plan de contingencia deberá considerar para su operación, la intervención de los diferentes niveles de respuesta internos y externos disponibles para ese tipo de eventualidades, entre ellos:

    - La respuesta interna con los recursos primarios disponibles.
    - La respuesta conformada por los planes de emergencia comunitarios existentes, tanto a nivel local, regional como nacional.

El plan de contingencia seguirá las pautas que sobre organización, dirección, información y entrenamiento se establecen internamente y se coordinara adecuadamente con otros planes externos; para su apropiación el plan de contingencia contendrá es forma concreta y detallada los siguientes aspectos: Plan Estratégico, Plan de Acción y Base de Datos.” (Corporinoquia, 2009).

3.4 NORMATIVIDAD COLOMBIANA EN PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO

En el ministerio del Medio Ambiente y en las Corporaciones Autónomas Regionales se recopilo la información técnica y jurídica para tener en cuenta en este proyecto. La Ley 99 de 1993 sobre las licencias ambientales divulga que: “La explotación es el conjunto de operaciones que tienen por objeto la extracción o captación de los minerales yacentes en el suelo o subsuelo del área de la concesión, su acopio, su beneficio y el cierre y abandono de los montajes y de la infraestructura. El acopio y el beneficio pueden realizarse dentro o fuera de dicha área (Colombia, 2001)”.

En el artículo 8º estableció las Competencias del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el cual el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, otorgara o negara de manera privativa la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades:

1. En el sector minero:
    a) Carbón: Cuando la explotación proyectada sea mayor o igual a 800.000 ton/año.
    b) Material de construcción y arcillas o minerales industriales no metálicos: Cuando la producción proyectada sea mayor o igual a 600.000 ton/año para las arcillas o mayor o igual a 250.000 m3/año para otros materiales de construcción o para minerales industriales no metálicos.
    c) Minerales metálicos y piedras preciosas y semipreciosas: Cuando la remoción total de material útil y estéril proyectada sea mayor o igual a 2’000.000 de ton/año.
    d) Otros minerales y materiales: Cuando la explotación de mineral proyectada sea mayor o igual a 1’000.000 ton/año.

En el artículo 9º estableció las Competencias de las Corporaciones Autónomas Regionales, el cual se formaron los siguientes parámetros en la explotación minera:

a) Carbón: Cuando la explotación proyectada sea menor a 800.000 ton/año.
b) Materiales de construcción y arcillas o minerales industriales no metálicos: Cuando la producción proyectada de mineral sea menor a 600.000 ton/año para arcillas o menor a 250.000 m3/año para otros materiales de construcción o para minerales industriales no metálicos.
c) Minerales metálicos, piedras preciosas y semipreciosas: Cuando la remoción total de material útil y estéril proyectada sea menor a 2'000.000 de ton/año.
d) Otros minerales y materiales: Cuando la explotación de mineral proyectada sea menor a 1'000.000 ton/año.

En el artículo 33, en los casos de minería y de hidrocarburos se deberá anexar a la solicitud de sesión el acto administrativo en donde la autoridad competente apruebe la cesión del contrato respectivo.

En el artículo 40, el titular del proyecto, obra o actividad deberá contemplar que su plan de desmantelamiento y abandono además de los requerimientos ambientales que contemple lo exigido por las autoridades competentes en materia de minería y de hidrocarburos en sus planes específicos de desmantelamiento, cierre y abandono respectivos.

3.5 GUIA MINERO AMBIENTAL – EXPLOTACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO

La actividad minera del país está regulada por la ley 685 de 2001, -Código de Minas-, cuyos objetivos fundamentales son:

a. Fomentar la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros estatales y privados.
b. Estimular las actividades de exploración y explotación minera, con el fin de satisfacer los requerimientos de la demanda interna y externa de los mismos.
c. Incentivar el aprovechamiento racional de los recursos mineros, de manera que armonice con los principios y normas de explotación de los recursos naturales no renovables.
d. Promover el aprovechamiento de los recursos mineros dentro del concepto integral de desarrollo sostenible y fortalecimiento económico y social del país.
e. El código "regula las relaciones jurídicas del Estado con los particulares y las de estos entre sí, por causa de los trabajos y obras de la industria minera en sus fases de prospección, exploración, construcción y montaje, explotación, beneficio, transformación, transporte y promoción

de minerales que se encuentren en el suelo o subsuelo, ya sea de propiedad nacional o propiedad privada".

f. De igual modo, establece el principio de sostenibilidad como el deber de manejar adecuadamente los recursos naturales renovables y la integridad y disfrute del ambiente, lo cual es compatible y concurrente con la necesidad de fomentar el aprovechamiento racional de los recursos mineros como componentes básicos de la economía nacional y el bienestar social. Este principio deberá inspirar la interacción de los dos campos de actividad.

4 ASPECTOS GENERALES DE LAS BASES DE DATOS

4.1 BASES DE DATOS

Una base de datos es un conjunto de datos almacenados sin redundancias innecesarias en un soporte informático y accesible simultáneamente por distintos usuarios y aplicaciones, frente a los datos deben estar estructurados y almacenados de forma totalmente independiente de las aplicaciones que la utilizan." (LLera, 2008).

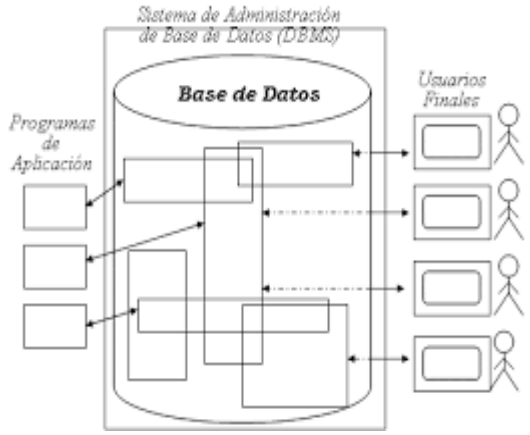


Figura 5. Sistema de administración de la base de datos (Llera, 2008)

4.1.1 DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL

Para la realización del diseño de un modelo conceptual se obtiene una estructura de la información de la futura *BD* independiente de la tecnología que

hay que emplear, es importante resaltar que no se tiene en cuenta todavía qué tipo de base de datos se utilizará, tampoco se tiene en cuenta con que *SGBD* ni con que lenguaje concreto se implementara la base de datos. Así pues, la etapa del diseño conceptual nos permite concentrarnos únicamente en la problemática de la estructuración de la información, sin tener que preocuparnos al mismo tiempo de resolver cuestiones tecnológicas. El resultado de la etapa del diseño conceptual se expresa mediante algún modelo de datos de alto nivel, uno de los más empleados es el **modelo entidad-interrelación** *(entity-relationship)*, que abreviamos con la sigla *ER*." (Costa, 2009).

4.1.2 DISEÑO DEL MODELO ENTIDAD – RELACIÓN

El Modelo de Entidad Relación es un modelo de datos basado en una percepción del mundo real el cual consiste en un conjunto de objetos básicos llamados entidades y relaciones entre estos objetos, implementándose en forma gráfica a través del Diagrama Entidad Relación; se puede definir como Entidad a cualquier objeto, real o abstracto, que existe en un contexto determinado o puede llegar a existir y del cual deseamos guardar información. (Entidad=Tabla) y los Atributos son características o propiedades asociadas a la entidad que toman valor en una instancia particular. Ejemplo: nombre, cédula, teléfono (Atributos=Campos). (Storti, Rios, & Campodonico, 2007).

4.1.2.1 TIPOS DE RELACIÓN

4.1.2.1.1 CLASIFICACIÓN POR CARDINALIDAD

Inicialmente la relación uno a uno es un registro la cual una tabla sólo puede estar relacionado con un único registro de la otra tabla y viceversa.

Relación Uno a Muchos: se caracteriza por realizar un registro de una tabla (tabla secundaria) sólo puede estar relacionado con un único registro de la otra tabla (tabla principal) y un registro de la tabla principal puede tener más de un registro relacionado en la tabla secundaria.

Relación Muchos a Muchos: Cuando un registro de una tabla puede estar relacionado con más de un registro de la otra tabla y viceversa. En este caso las dos tablas no pueden estar relacionadas directamente, se tiene que añadir

una tabla entre las dos (Tabla débil o de vinculación) que incluya los pares de valores relacionados entre sí.

El nombre de tabla débil deviene que con sus atributos propios no se puede encontrar la clave, por estar asociada a otra entidad. La clave de esta tabla se conforma por la unión de los campos claves de las tablas que relaciona.

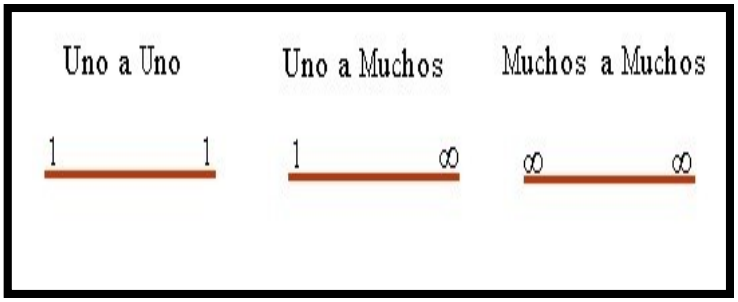


Figura 6. Cardinalidad (Storti, Ríos, & Campodonico, 2007).

4.1.2.1.2 CLASIFICACIÓN POR MODALIDAD

Dadas las tablas A y B, que se encuentran relacionadas:

Si para todo registro de A debe existir siempre al menos un registro de B asociado, se dice que la relación en sentido A->B es Obligatoria.

Si para todo registro de A, pueden existir o no, uno o varios registros de B asociados, se dice que la relación en sentido A->B es Optativa. La modalidad de las relaciones se debe analizar en ambos sentidos (Storti, Rios, & Campodonico, 2007)



Figura 7. Modalidad

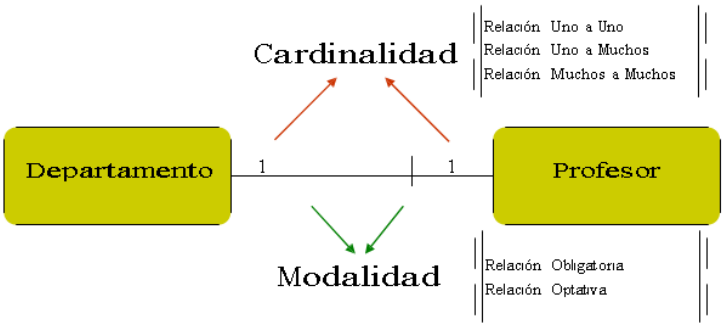


Figura 8 Ejemplo de E-R (Storti, Ríos, & Sampodonico, 2007)

4.1.3 DISEÑO DEL MODELO LOGICO

En esta etapa se parte del resultado del diseño conceptual, el cual se transforma de forma que se adapte a la tecnología que se debe emplear, más concretamente, es preciso que se ajuste al modelo del SGBD con el que se desea implementar la base de datos. Por ejemplo, si se trata de un SGBD. Aquí ya se ha resuelto la problemática de la estructuración de la información en un ámbito conceptual y permite concentrarnos en las cuestiones tecnológicas relacionadas con el modelo de base de datos (Costa, 2009).

4.1.4 DISEÑO DEL MODELO FÍSICO

En esta parte se transforma la estructura obtenida en la etapa del diseño lógico, con el objetivo de conseguir una mayor eficiencia, además, se completa con aspectos de implementación física que dependerán del SGBD. Por ejemplo, si se trata de una base de datos relacional, la transformación de la estructura puede consistir en lo siguiente: tener almacenada alguna relación que sea la combinación de varias relaciones que se han obtenido en la etapa del diseño lógico, partir una relación en varias, añadir algún atributo calculable a una relación, etc. Los aspectos de implementación física que hay que completar consisten normalmente en la elección de estructuras físicas de implementación de las relaciones, la selección del tamaño de las memorias intermedias (*buffers*) o de las páginas, etc.

En la etapa del diseño físico se deben tener en cuenta las características de los procesos que consultan y actualizan la base de datos, como por ejemplo los caminos de acceso que utilizan y las frecuencias de ejecución, también es necesario considerar los volúmenes que se espera tener de los diferentes datos que se quieren almacenar (Costa, 2009).

4.1.5 SISTEMAS DE GESTIÓN DE BASES DE DATOS (DBMS)

El DBMS es un conjunto de programas que permiten el almacenamiento, modificación y extracción de la información en una base de datos proporcionando herramientas para añadir, borrar, modificar y analizar los datos. Los usuarios pueden acceder a la información usando herramientas específicas de interrogación y de generación de informes, o bien mediante aplicaciones al efecto Los SGBD también proporcionan métodos para mantener la integridad de los datos. Para administrar el acceso de usuarios a los datos y para recuperar la información si el sistema se corrompe.

5 ASPECTOS GENERALES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un sistema de información geográfica (SIG) es un sistema computacional que utiliza información de localización, es decir: las direcciones, zona postal, sector censal o coordenadas de latitud y longitud para realizar análisis de la información consignada en un mapa. Un SIG permite almacenar y manipular la información geográfica de una manera eficiente, realizar análisis y modelar fenómenos geográficos, con uno de estos se puede estudiar la demografía, los patrones de comportamiento de la expansión de una enfermedad, modelar la ruta de la polución atmosférica ente otras aplicaciones.

Un SIG puede generar mapas de cualquier información que esta almacenada en base de datos o tablas que tengan un componente geográfico lo cual logra visualizar patrones, relaciones y tendencias que no se pueden ver en una base de datos o en un lugar listado. El SIG representa una perspectiva nueva y dinámica para el manejo de la información con el fin de ayudar a tomar mejores decisiones, no se utiliza simplemente para hacer mapas estáticos, si no es un sistema dinámico que permite seleccionar y remover criterios del mapa para analizar rápidamente como los diferentes factores afectan el modelo o el análisis que se esté realizando.

En casi todas las disciplinas se suelen tomar decisiones que tiene que ver con la geográfica, incluso en las actividades de la vida cotidiana, existe una multiciplidad de respuestas a las preguntas que normalmente se hace un gerente, un administrador, un técnico, o un ama de casa esas respuestas pueden encontrarse fácilmente cuando se dispone de un sistema de información geográfica.

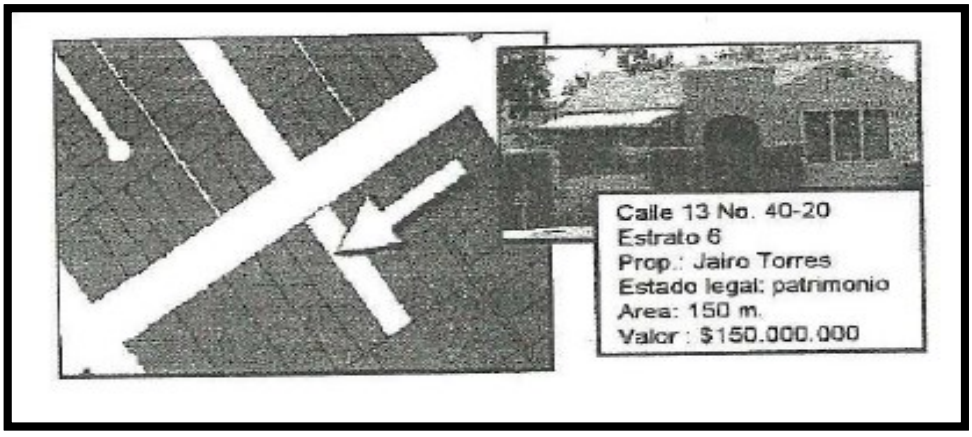


Figura 9. Consulta de búsqueda en el SIG (Costa 2009).

Cuando se considera el impacto de un desastre, como un terremoto, se requiere información geológica y sísmica para analizarla y cruzarla con la infraestructura y las propiedades de la región que pueden ser afectadas, así como aspectos de la población. En estos casos, un SIG permite obtener mejores resultados en el análisis.

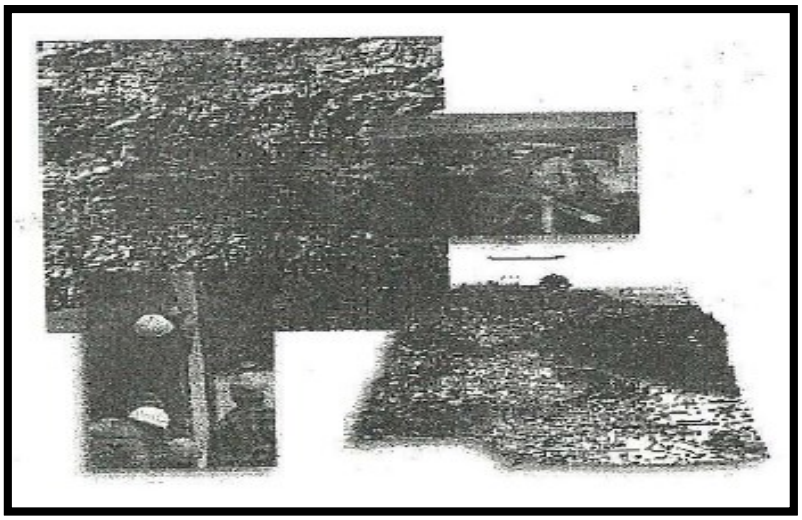


Figura 10. Análisis de un impacto ambiental en un SIG (Costa, 2009)

La solución de muchos problemas requiere procesar diferentes tipos de información, por tano el SIG permite almacenar y manipular la información usando la geografía como enlace, para descubrir patrones, relaciones y tendencias en la información, cuyo análisis contribuye a tomar mejores decisiones.

5.1 FUNCIONES FRECUENTES EN UNA APLICACIÓN SIG

Las funciones son aquellos métodos que nos permiten analizar las geometrías y nos responden con una nueva geometría fruto de cálculo. Se verán a continuación una lista de operaciones geométricas que se pueden realizar. Esta lista está basada en el estándar *simple feature Access de OGC* y con algunas funciones muy habituales en las bases de datos geográficos. Se tienen:

- Centro: en el centro de A es el centroide (también conocido como centro de gravedad) de A, para un triángulo el centroide es el baricentro. Para

un conjunto de polígonos el centroide tiene en cuenta el peso (área) de cada polígono en el cálculo del centroide. El centroide no tiene por qué caer dentro del área de un polígono, por ejemplo el centroide de la letra C cae fuera del trazado de la letra la función centro se usa sobre todo para convertir geometrías de más de una dimensión en puntos.

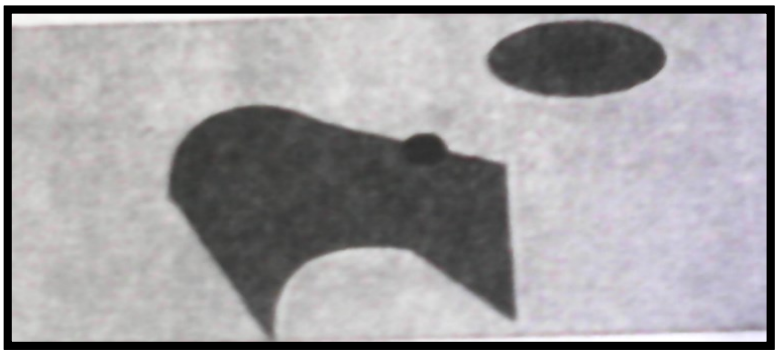


Figura 11. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y la Geo telemática (G.J. Meaden, 1992).

- Caja contenedora: la caja contenedora de A es el rectángulo mínimo con lados paralelos a los ejes de coordenadas del sistema de coordenadas de proyección incluye A, la función de caja contenedora se utiliza principalmente para poder encuadrar un elemento y centrar el mapa sobre el elemento. Es una de las funciones más utilizadas en las herramientas SIG.

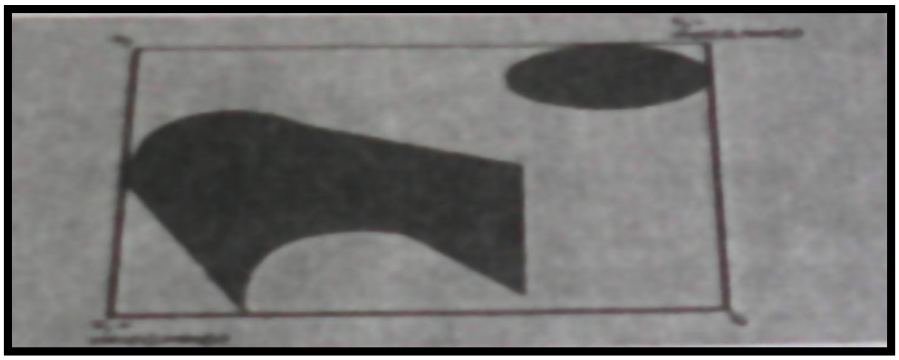


Figura 12. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y la Geo telemática (G.J. Meaden, 1992).

- Buffer (o zona de influencia) de un objeto A, que puede ser un punto, una línea o un polígono, nos devuelve una geometría que cubre todos los puntos desde la frontera de A hasta una cierta distancia de A. la unión recibe como parámetros la geometría A y la distancia D.

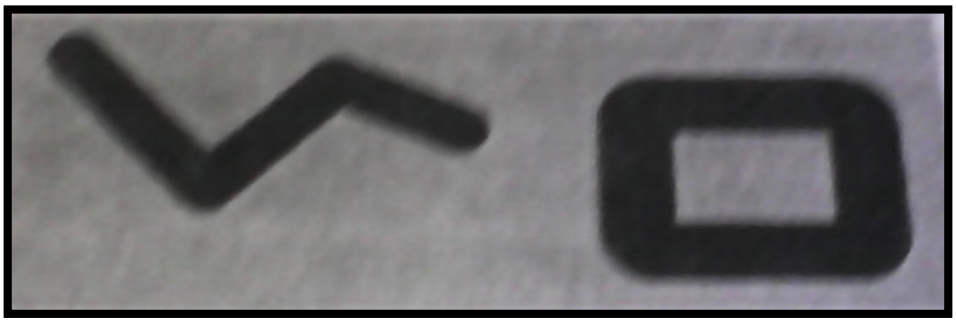


Figura 13. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y la Geo telemática (G.J. Meaden, 1992).

- La envolvente convexa (convex hull), se entiende por envolvente convexa de A, en el plano, el polígono convexo mínimo que incluye todos los puntos de A. muchas definiciones de la envolvente convexa recurren a la idea de una goma elástica que, situada rodeando la geometría y estirada, tomaría la forma de la envolvente convexa. La envolvente convexa se utiliza, por ejemplo, para definir el ámbito de actuación de una obra o para generalizar un conjunto de datos y verlo desde grandes escalas.

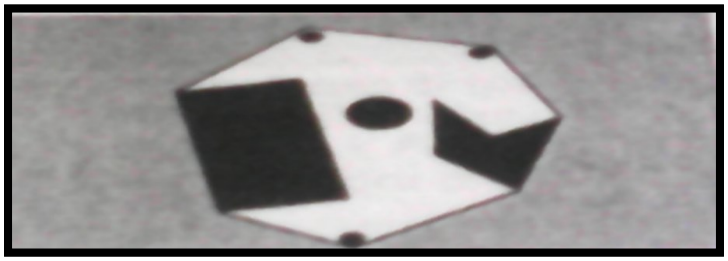


Figura 14. Envolvente convexa de un conjunto de geometrías. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y la Geo telemática (G.J. Meaden, 1992).

- Intersección: la intersección de A y B devuelve un objeto geométrico que incluye todos los puntos del plano incluido tanto en A como en B. es la operación lógica AND.

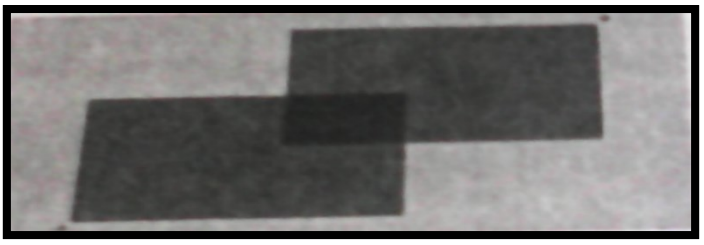


Figura 15. Intersección de dos geometrías. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y la Geo telemática (G.J. Meaden, 1992).

- Unión: la unión de A y B devuelve un objeto geométrico que incluye todos los puntos del plano incluidos en A y en B. Es la operación lógica OR.



Figura 16. Unión de dos geometrías. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y la Geo telemática (G.J. Meaden, 1992).

- Diferencia: la diferencia de A y B devuelve un objeto geométrico que incluye todos los puntos del plano incluidos en A y no en B.

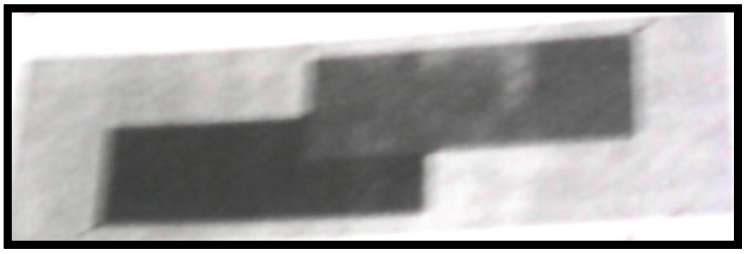


Figura 17. Diferencia de dos geometrías. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y la Geo telemática (G.J. Meaden, 1992).

- Diferencia simétrica: la diferencia simétrica de A y B devuelve el objeto geométrico que incluye todos los puntos del plano incluidos en A y no en B o en B y no en A. es la operación lógica XOR.

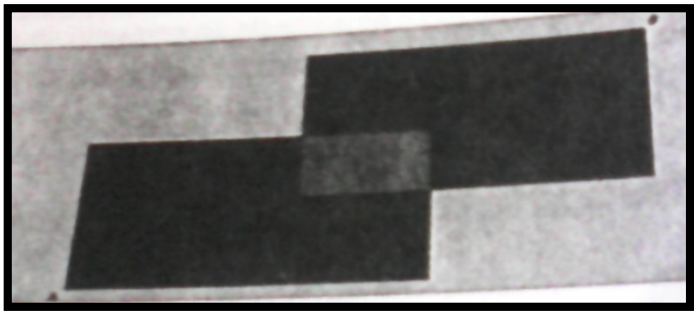


Figura 18. Diferencia simétrica de dos geometrías. Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y la Geo telemática (G.J. Meaden, 1992).

- Distancia: la distancia entre A y B nos devuelve un número real que indica la distancia entre los dos puntos más próximos de A y B.

- Vecino más próximo: el vecino más próximo de A devuelve la geometría de B más próximo de A de un conjunto de geometrías, con esta función se puede calcular, por ejemplo, cual es el restaurante que está más cerca a mi casa (G.J. Meaden, 1992).

En las operaciones espaciales se puede ver que se puede realizar cualquier análisis mediante la obtención de información geométrica, esto garantiza que se pueda registrar la información mediante operaciones matemáticas, un nuevo producto o mapa, o un traslapo de la misma, esto es de gran ayuda ya que posibilita al usuario realizar cualquier operación para luego establecer nuevos parámetros que habilitan un mejor entendimiento de la información.

Se sabe que un objeto al interior de cada categoría contiene información por lo menos de dos componentes, uno gráfico y otro no gráfico. A cada variable de estas en el programa indicado se le asigna valores para que puedan ser representados de tal forma que en el interior del software se hace una relación entre los componentes mencionados a esta relación se le conoce como topología que nos es más que una relación geométrica entre el elemento a señalar y los elementos de su entorno próximo geográfico.

Cada elemento que se conforma el todo dentro del software se le asignan atributos que solo ese componente posee y bien entre una de sus características principales es la georreferenciación dentro del espacio tiempo. Las relaciones se establece tanto el punto de vista del profesional como desde el punto de vista topológico.

5.2 SUBSISTEMAS DE UN SIG

En general, los procesos o tareas que desempeña un SIG son seis:

5.2.1 ENTRADA DE DATOS

Consiste en el ingreso de la información, para que los datos geográficos puedan ser utilizados en un SIG, antes deben convertirse a un formato digital apropiado. El proceso de convertir datos de mapas sobre papel a archivos de computador se conoce como digitalización, las tecnologías modernas de GPS, sensores remotos, topografía digital o scanner hacen posible automatizar en gran medida el proceso de captura de datos. Hoy en día, muchos tipos de datos geográficos existen en formatos compatibles con SIG. Estos datos se

pueden obtener con proveedores u otras organizaciones y convertirlos a formato SIG.

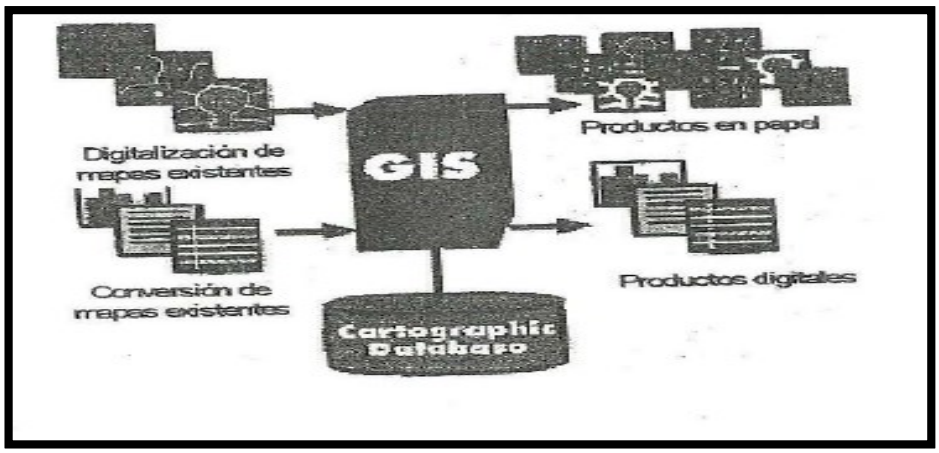


Figura 19. Entrada de datos. (Google, página web entrada de datos a un SIG 2014)

5.2.2 MANIPULACIÓN

Es probable que algunos tipos de datos necesarios para un proyecto SIG requieran ser transformados o manipulados en diversas formas para que sean compatibles con un sistema determinado. Por ejemplo, la información geográfica está disponible en diferentes escalas (cartografía rural 1:100.000 etc.) y estas deben ser superpuestas e integradas para transformarlas a una misma escala. Esta transformación puede ser temporal para propósitos de despliegue o permanente cuando se requiera un análisis especifico. Entre otros ejemplos de manipulación de datos Georeferenciados, se pueden incluir los cambios de proyección, la agregación de datos y la generalización.

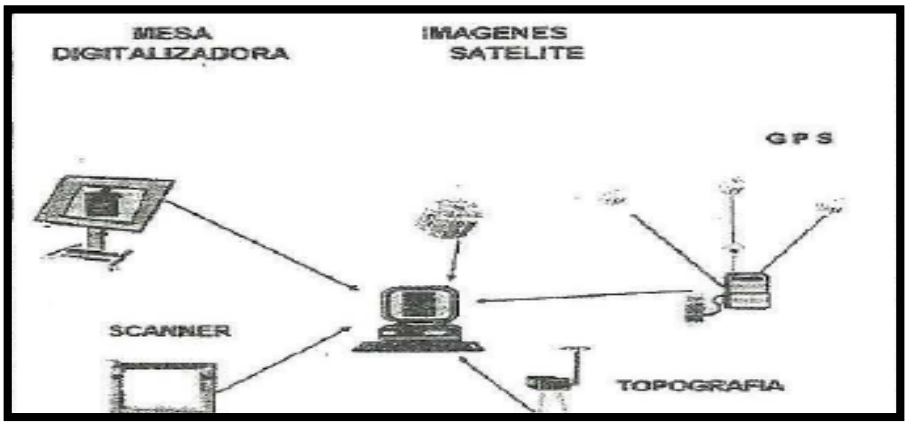


Figura 1. Manipulación y componentes. (Google, página web manipulación de datos a un SIG 2014)

5.2.3 ADMINISTRACIÓN

Para pequeños proyectos de SIG, puede ser suficiente almacenar la información geográfica en archivos de computador. Pero cuando el volumen de datos y de usuarios es grande, es mejor usar un sistema de administración de bases de datos (DBMS) para almacenar, organizar y administrar los datos. Un DBMS no es más que un software para manejar base de datos y mantener la integridad de datos.

5.2.4 BÚSQUEDAS

Una vez se tiene un sistema de información geográfica en funcionamiento, se pueden hacer diversas preguntas a la base de datos geográfica:

¿Dónde están los mejores sitios para urbanizar?

¿Cuál es el tipo de suelo predominante en un bosque determinado?

Si se va a construir o ampliar una vía, ¿Cómo será afectado el tráfico?

5.2.5 ANÁLISIS

La fortaleza de los SIG radica en que pueden ser usados para analizar datos geográficos. Los procesos de análisis geográficos (a menudo llamados análisis espaciales o geoprocesamiento) usan las propiedades geográficas de los elementos para observar patrones y tendencias o para entender que pasa cuando el escenario cambia. Los SIG modernos tienen poderosas herramientas analíticas y en especial dos muy importantes:

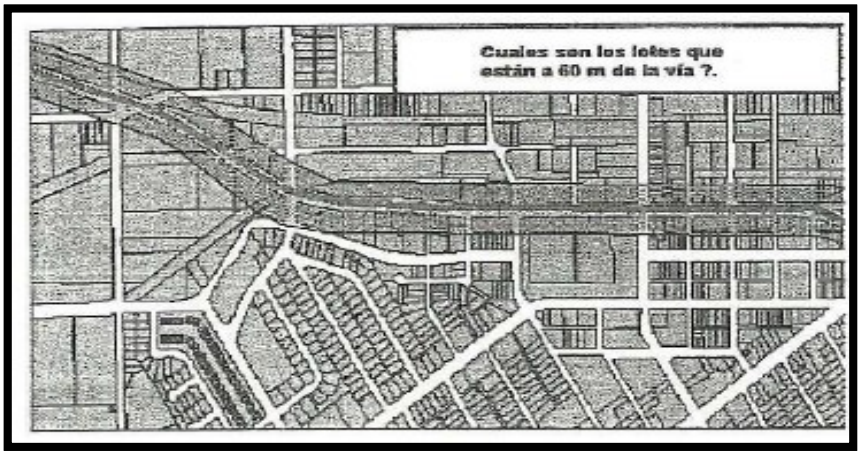


Figura 2. Análisis de proximidad. (Google, página web análisis de proximidad 2014)

Para resolver estas preguntas, los SIG utilizan un proceso llamado BUFFERING, el cual determina la relación de proximidad entre diferentes tipos de elementos.

5.2.6 ANÁLISIS DE SUPERPOSICIÓN

La integración de diferentes capas de información involucra un proceso llamado OVERLAY (superposición). La superposición puede ser simple cuando solo se requiere para efectos de visualización; pero cuando se requiere para operación analítica es necesario que las capas de información se integren físicamente, es decir que generen nueva información gráfica y tabular estableciendo nuevas relación entre los elementos geográficos.

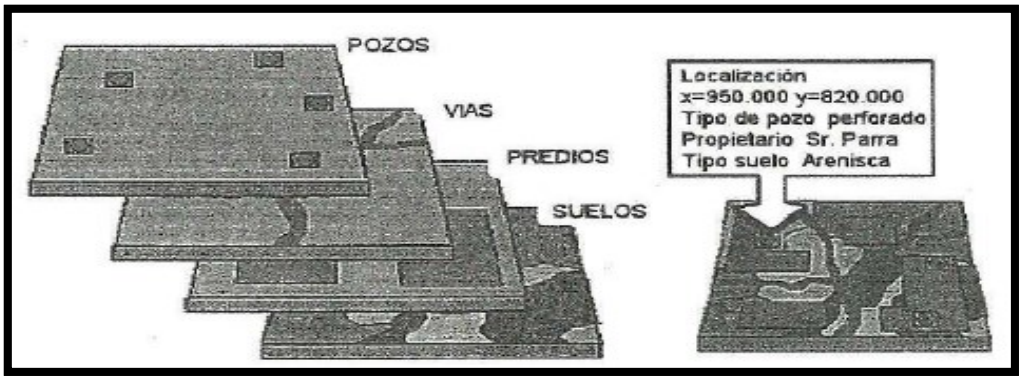


Figura 3. Análisis de superposición. (Google, página web superposición en un SIG 2014)

5.3 VISUALIZACIÓN

Para muchos tipos de operación geográficas, el resultado final se visualiza mejor en un mapa o un gráfico. Los mapas son la forma más eficiente de almacenar y comunicar información geográfica, mientras que los cartógrafos han creado mapas desde hace miles de años, la tecnología de los SIG provee una herramienta nueva y apasionante para extender la ciencia y el arte de la cartografía.

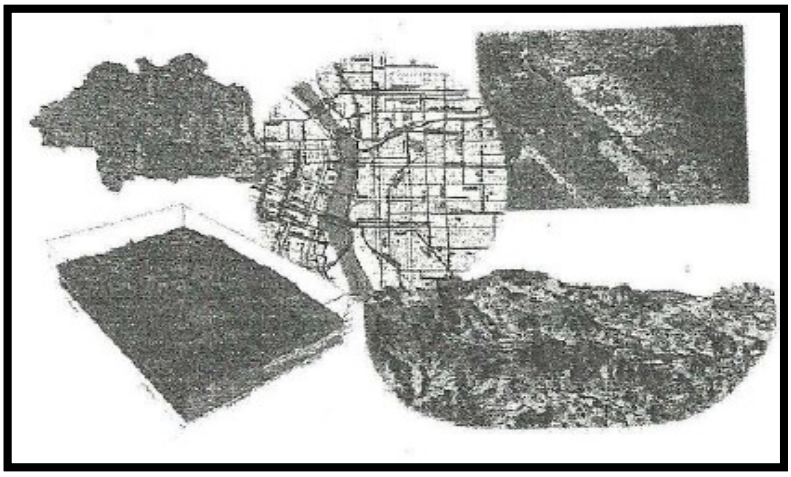


Figura 23. Visualización de un SIG. (Google, página web visualización de un SIG 2014)

5.4 COMPONENTES DE UN SIG

Un SIG trabaja de manera integrada, como cualquier sistema de información computarizado, con cinco componentes fundamentales: hardware, software, datos, personal y métodos y procedimientos.



Figura 24. Componentes de un sig. (Google página web componentes de un SIG 2014)

5.4.1 HARDWARE

El hardware es el computador que sirve de soporte al SIG; para estos sistemas se requieren equipos con alta velocidad de procesamiento y gran capacidad de almacenamiento de datos digitales. Existen diferentes equipos marcas, configuraciones que varían de acuerdo con las necesidades del usuario. Es un ambiente corporativo, generalmente se utilizan servidores y equipos de escritorio conectados en red. También hacen parte del hardware los periféricos o equipos adicionales: plotters para impresión de mapas, mesas digitalizadoras, scanner, GPS, impresoras y unidades de almacenamiento.

5.4.2 SOFTWARE

El software para SIG proporciona las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y visualizar información geográfica. Los principales componentes del software son:

- Un manejador de base de datos (DBMS).
- Herramientas para entrada y manipulación de la información geográfica.
- Herramientas que soportan consultas espaciales y geográficas, análisis y visualización.
- Una interface gráfica para usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas.
- Por su importancia en un sig., también se incluye el software para procesamiento de imágenes, elaboración de mapas, transformación de coordenadas y visualización 3D.

5.4.3 DATOS

Se consideran como el componente más importante de un SIG. Los datos espaciales y los datos tabulares relacionados pueden ser recolectados directamente o adquiridos a proveedores comerciales de datos, muchos SIG emplean un DBMS para crear y mantener una base de datos que ayude a organizar y administrar los datos.

5.4.4 PERSONAL

Un limitante actual de la tecnología de SIG es la falta de personal capacitado para administrar el sistema y desarrollar planes y programas que puedan ser aplicados. El personal se clasifica, de modo general, en expertos, usuarios especialistas y usuarios finales.

Los expertos son quienes diseñan y mantienes el sistema, los usuarios especialistas son quienes realizan las consultas y los análisis e introducen los datos; los usuarios finales son quienes consultan la información y la visualizan.

5.5 EJEMPLOS DE APLICACIONES SIG

5.5.1 MEDIO AMBIENTE

Los SIG se están aplicando al manejo forestal y el estudio de la biodiversidad, haciendo de estos una herramienta fundamental para las Corporaciones Autónomas Regionales en la toma de decisiones. El manejo de licencias ambientales es un ejemplo claro de esta aplicación.

El SIG se utiliza para ayudar a proteger el medio ambiente; también se puede utilizar para producir mapas, inventarios de especies, medidas de impacto ambiental de una manera fácil y rápida, caracterización de escenarios: otras aplicaciones del SIG en el área del medio ambiente son:

- ✓ Estudio y manejo de ecosistemas.
- ✓ Manejo de basuras.
- ✓ Administración de emergencias.
- ✓ Distribución de espacies.
- ✓ Monitoreo de áreas costeras.
- ✓ Monitoreo de la calidad de las aguas.

6 PLANTEAMIENTO DE LA HERRAMIENTA SIG PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL EN CANTERAS DE AGREGADOS PETREOS A CIELO ABIERTO

6.1 PROBLEMA

La zona donde se realiza la explotación minera de material para agregados pétreos se conoce coloquialmente como *Cantera* la cual es definida por Herrera (2006) como “el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción”. La guía minero ambiental las clasifica como obras y trabajos de explotación a cielo abierto las cuales consisten en “la extracción por separado de la totalidad de la sustancia mineral y estéril que se encuentra en el depósito, hasta una profundidad determinada por las condiciones propias del yacimiento.

Esencialmente es una excavación abierta al aire para extraer el recurso mineral del subsuelo, es importante definir qué clase de material va a ser la producción de este tipo de proyectos “para todos los efectos legales se consideran materiales de construcción, los productos pétreos explotados en minas y canteras usados, generalmente, en la industria de la construcción como agregados en la fabricación de piezas de concreto, morteros, pavimentos, obras de tierra y otros productos similares (Ministerio de Minas y Energía, 2001)”.

Por todas las interacciones que generan los procesos anteriormente mencionados entre los factores naturales y sociales entonces es obligatorio plantear una serie de estrategias de seguimiento, control, evaluación y mitigación para las alteraciones que posiblemente se van a generar a medida que se desarrolla la actividad. Por las razones anteriores el gobierno de la Republica de Colombia exige obligatoriamente en mención del decreto 2041 de 2014 que “es de obligatoriedad la Licencia Ambiental para la ejecución de obras, el establecimiento de industrias o el desarrollo de cualquier actividad, que de acuerdo con la ley y los reglamentos, pueda producir deterioro grave a los recursos naturales renovables o al medio ambiente o introducir modificaciones considerables o notorias al paisaje.” (Ministerio de Ambiente, 2001)

Es importante que dentro de los proyectos de minería según su magnitud sean controlados todos los factores ambientales que pueden ser afectados como por ejemplo el suelo, la cobertura vegetal, el recurso hídrico, los asentamientos humanos, entre otros. Entonces existe la necesidad de contribuir con el mejoramiento del proceso de seguimiento de los PMA de las mencionadas

explotaciones, aprovechando la tecnología de los SIG, la cual aportaría una metodología más rápida y eficaz para que a futuro sea aplicada por las entidades competentes.

Por lo anterior se desea generar una herramienta basada en SIG que permita administrar toda la información pertinente para el seguimiento y control del factor medio ambiente de la minería a cielo abierto, que la información contenida en el documento del plan de manejo ambiental se encuentren georeferenciados dentro de la zona de estudio que es el área de explotación de materiales para agregados pétreos, teniendo de esta forma un mecanismo más preciso de identificación de los parámetros establecidos en la PMA y así poder aplicar las pertinentes acciones en el caso que sea necesario.

6.2 USUARIOS

Se definen los usuarios que pueden verse beneficiados con el proyecto, entre ellos:

6.2.1 USUARIOS PRIMARIOS

Los usuarios que pueden encargarse de hacer el seguimiento ambiental a las canteras de agregados pétreos:

- Ministerio del Medio Ambiente.
- Corporaciones Autónomas Regionales.
- Secretarias de Ambiente.
- Gobernaciones.
- Alcaldías Locales.

6.2.2 USUARIOS SECUNDARIOS

- Empresas privadas que realizan proyectos mineros.
- Interventorías ambientales encargadas de hacer seguimiento y control a los planes de manejo ambiental en proyectos de minería.

6.3 INSUMOS CARTOGRÁFICOS

Hace referencia a la información cartográfica pertinente para el desarrollo de la aplicación SIG.

6.3.1 ASPECTO FISICO

- Mapa geológico.
- Mapa hidrográfico.
- Mapa demográfico.
- Mapa de vías.
- Mapa de localización de la cantera.
- Mapa de usos del suelo.

6.3.2 ASPECTO BIOTICO

- Mapa cobertura vegetal.
- Mapa temático con información de fauna.
- Información de fauna del municipio.

6.3.3 ASPECTO GESTION SOCIAL

- Estudios demográficos.
- Mapa de población.
- Mapa veredal.
- Mapa de casco urbano.

6.3.4 OTROS INSUMOS

- Términos de referencia para proyectos de explotación minera.
- Guía ambiental de proyectos de explotación minera.
- Plan de manejo ambiental de un proyecto de explotación minera.

6.4 PRODUCTOS

- Mapa de ubicación de señalización del proyecto.
- Mapa de cobertura vegetal según el plan de manejo ambiental.
- Mapa de conflictos del uso del suelo en la zona del proyecto.
- Mapa de afectación por remoción en el área del proyecto.
- Mapa de áreas de localización de las adecuaciones del proyecto.
- Mapa de áreas susceptibles a daños por la operación del proyecto.

7 METODOLOGIA PARA CREAR LA HERRAMIENTA SIG PARA EL SEGUIMIENTO A LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL EN PROYECTOS DE EXPLOTACION MINERA A CIELO ABIERTO.

7.1 DEFINICIÓN DE VARIABLES DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Teniendo en cuenta la caracterización ambiental que está planteada en los términos de referencia en proyectos de minería a cielo abierto, se han indicado unas variables con diferentes aspectos para el manejo del medio físico, biótico y social que se ven afectados directamente con el desarrollo del proyecto de la explotación minera a cielo abierto, las cuales se muestran a continuación:

7.1.1 VARIABLES DE ASPECTO FÍSICO

A. COMPONENTE HIDROLÓGICO

En este aspecto se referencio la red hídrica detallando las cuencas, Subcuenca y/o microcuencas hidrográficas que cobijan las áreas de influencia; se ubicarán y cuantificarán los nacimientos y cuerpos de agua relacionándolos con las unidades hidrogeológicas, y el agua que puede ser afectada por el proyecto minero.

B. COMPONENTE DE RESIDUOS

Se involucran los diferentes tipos de residuos o desechos creados por el proyecto de explotación minera y el área afectada por estos.

C. COMPONENTE ADECUACIÓN

Son las estructuras o construcciones que se crean en el proyecto para su óptimo funcionamiento, también incluye el interés por su localización en el proyecto.

D. COMPONENTE GEOLOGÍA

Contiene diferentes aspectos como las unidades litológicas y rasgos estructurales, con base en estudios existentes de la zona, se identifica las amenazas naturales como remoción en masa y sísmica.

E. COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO

Es la geomorfología y sus aspectos más simples mostrando su localización según las propiedades fisicoquímicas que se ven en el estudio.

F. COMPONENTE SUELO

Este componente menciona la calidad del suelo y composición, así como también menciona el tipo de suelo y su aprovechamiento.

G. COMPONENTE CLIMATOLÓGICO

En este componente se relacionan las diferentes elevaciones del terreno con respecto al nivel del mar, se tienen en cuenta las estaciones pluviométricas y la información que ellas arrojan de precipitación mensual y sus principales características como la evapotranspiración, brillo solar y la localización del estudio técnico.

H. COMPONENTE AIRE

En este componente hace referencia al trabajo matutino y esporádico como el corte de árboles su quema y luego sus desechos, emisiones por parte del flujo vehicular y extracción de materiales de agregados pétreos.

I. COMPONENTE RUIDO

Involucra la generación de ruido, realizadas por la maquinaria y el equipo técnico, humano del que hace parte el proyecto.

J. COMPONENTE AGUA

Son las condiciones físico-químicas de los cuerpos de agua que se ven afectados por el área de influencia directa en el proyecto.

K. MALLA VIAL

Involucra las vías de acceso existentes y las posibles nuevas vías que se centren en el área de influencia del proyecto.

7.1.2 VARIABLES ASPECTO BIÓTICO

A. COBERTURA VEGETAL

Menciona las características de la clasificación de la zona directa; teniendo en cuenta la cobertura vegetal tanto directa como indirectamente del proyecto.

B. FAUNA

Habla de la clasificación animal según su especie y familia del habitad de la zona del área de influencia directa del proyecto. Esta clasificación menciona las principales especies que abundan en el ecosistema afectado por el proyecto.

C. USO DEL SUELO

Se hace referencia a las diferentes actividades que se desarrollan en el área del proyecto.

D. PAISAJE

Se considera la parte estética de interacción entre el proyecto y el entorno ambiental de este, su dimensión ecológica y geográfica que lo constituyen como el escenario de la actividad humana.

E. RESTAURACION AMBIENTAL

En este componente hace referencia el uso adecuado de la restauración del medio ambiente como la revegetación recuperación la recuperación de los caudales del agua la fauna y la flora del ambiente que se tomó para el uso del proyecto.

7.1.3 VARIABLES ASPECTO GESTION SOCIAL

A. DEMOGRAFÍA

Este aspecto relaciona la caracterización de los grupos poblacionales que hay en el proyecto: indígenas, negritudes, colonos y otros. También se evalúa la dinámica poblacional como el listado de veredas y demás unidades territoriales afectadas por el proyecto.

B. SERVICIOS PÚBLICOS

Este aspecto relaciona la calidad y el grado de prestación de servicios públicos y el recubrimiento del servicio en la zona de estudio entre los cuales están directamente involucrados: alcantarillado, energía recolección y disposición de basuras

C. VIVIENDAS

En este aspecto involucra el tiempo libre de las personas que influyen en el proyecto, entre casinos, oficinas, puntos de encuentro, porterías y servicios públicos como baños.

D. VEREDAL

En este aspecto se hace referencia a la parte etnoambiental y al manejo y uso del entorno, patrones culturales, arraigo y sentido de pertenencia y la oferta laboral dentro del municipio.

E. CONTRATACIÓN DE PERSONAL

Involucra la oferta y demanda de mano de obra local, vinculado la misma a través de un proceso claro de selección de personal de acuerdo con la demanda en las diferentes actividades del proyecto contribuyendo así con la participación de la sociedad en la oferta laboral en el área de interés

F. DIVULGACIÓN

Se refiere a sistemas para presentar el proyecto a la comunidad, autoridades y medios, suministrando información oportuna, completa y adecuada sobre las medidas de manejo ambiental y actividades que se realizaran con sus beneficios y efectos durante las etapas del proyecto.

G. SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL

Hace capacitar a líderes y grupos ecológicos en los diversos temas técnicos y asuntos ambientales de una forma práctica y pertinente al entorno donde se relacionan

7.1.4 VARIABLES ASPECTO TÉCNICO

A. EQUIPOS Y MAQUINARIA

Son todos los equipos y maquinarias utilizadas en las diferentes etapas del proyecto.

B. ETAPAS PROYECTO

Esta variable hace referencia a los periodos utilizados para llevar a cabo el proyecto.

C. SEGURIDAD INDUSTRIAL

En este componente se hace referencia a la minimización de los riesgos en la actividad laboral que se va a desarrollar; los aspectos que se tuvieron en cuenta fueron:

- Afiliación de los trabajadores al sistema de salud y aseguradora de riesgos profesionales.
- Señalización y rutas de evacuación de la cantera para la salida del personal a un posible accidente.

- Elementos de protección, el uso debido y el cuidado personal para no sufrir accidentes posteriores.

- Señalización de los lugares de disposición como casinos, baños, depósito de basuras, rutas, escombros, materiales radioactivo, residuos sólidos y líquidos.

- Charlas de capacitación y reflexión de la seguridad industrial.

7.2 DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

A partir de las variables identificadas en el paso anterior, se determinaron los indicadores que admiten evaluar el cumplimiento del plan de manejo ambiental a proyectos de explotación minera a cielo abierto, estos indicadores permiten realizar un rango comparativo de las alteraciones en el área de influencia directa del proyecto y así conocer el grado de incidencia que hay entre un indicador a otro antes durante y después del proyecto. Para ello se deben dar valores conocidos y medibles en cada etapa del proyecto permitiendo una comparación de indicadores en diferentes intervalos de tiempo para ver el seguimiento al plan de manejo ambiental del proyecto de explotación minera.

7.2.1 INDICADORES ASPECTO FÍSICO

A. COMPONENTE HIDROLÓGICO

- Numero de corrientes afectadas por el área de influencia del proyecto.
- Características morfométricas.
- Caudal en las corrientes por actividades en el proyecto.
- Pendiente del cauce en las corrientes por actividades en el proyecto.
- Coeficiente de compacidad de las corrientes afectadas por el área de influencia del proyecto.

- Factor de forma de las corrientes afectadas por el área de influencia del proyecto.
- Tiempo de concentración de las corrientes afectadas por el área de influencia del proyecto.

B. COMPONENTE DE RESIDUOS

- Área afectada por los residuos producidos por el proyecto.
- Los tipos de residuos que se manejaran en el proyecto son:

a. AGUAS RESIDUALES

- Porcentaje de Remoción de la DBO del sistema.
- Remoción de grasas y aceites obtenida en el sistema.
- Volumen total de agua intervenida por el proyecto.
- Número total de inspecciones realizadas al sistema hídrico del proyecto.

b. RESIDUOS SOLIDOS

- Porcentaje de cantidad de residuos reciclables.
- Porcentaje de cantidad de residuos tratados.
- Cantidad de residuos orgánicos generados por el proyecto.

c. MATERIALES RADIOACTIVOS

- Cantidad de implementos de protección.
- Cantidad de ciclos durante la etapa de explotación que ocurre algún atascamiento en fuentes radioactivas.

C. ASPECTO ADECUACION

- Área afectada por las adecuaciones realizadas por el proyecto.
- Los tipos de adecuaciones en el proyecto pueden ser:

a. CONTENEDORES, TALLERES Y ZONAS DE ALMACENAMIENTO

- Áreas totales para la adecuación de contenedores, talleres y zonas de almacenamiento.

b. ADECUACION DE LA LOCALIZACION

- Porcentaje de cumplimiento de estándares técnicos de la piscina de cortes.

c. DESMANTELAMIENTO

- Porcentaje total del número de estructuras desmanteladas en el proyecto.

D. COMPONENTE GEOLOGIA

- Porcentaje de afectación de la estratigrafía en la zona donde se desarrolla el proyecto.

E. COMPONENTE GEOMORFOLOGIA

- Afectación en los tipos de unidades presentes en el área del terreno.

F. COMPOENENTE SUELO

- Porosidad.
- Tipo de suelo.
- Textura.
- Permeabilidad.
- Densidad total.
- Densidad aparente.
- Infiltración.

G. COMPONENTE CLIMATOLOGICO

- Datos de la estación pluviométrica de la zona.

H. COMPONENTE AIRE

- Porcentaje total en los monitoreos de aire.

I. COMPONENTE RUIDO

- Registros de los mantenimientos a los equipos.
- Porcentaje en los monitoreos del ruido.

J. COMPONENTE AGUA

- Alcalinidad.
- Cloruros.
- Conductividad.
- Dióxido de carbono.
- DBO.
- DQO.
- Dureza.
- Fenoles.
- Grasas y aceites.
- Metales.
- Oxígeno disuelto.
- pH.
- Sólidos.
- Sulfatos.

- Sulfuros.
- Temperatura.
- Turbidez.
- Coliformes fecales.
- Coliformes totales.

K. MALLA VIAL

- Numero de vías afectadas por el tránsito de maquinaria del proyecto.
- Porcentaje de transito de maquinaria y vehículos del proyecto.

7.2.2 INDICADORES ASPECTO BIÓTICO

A. COBERTURA VEGETAL

- Área por tipo de cobertura vegetal en la zona del proyecto.
- Porcentaje de área manejada según el Plan de Manejo Ambiental.

B. FAUNA

- Número total de especies ubicadas en el área de influencia directa del proyecto.
- Porcentaje de afectación de especies ubicadas en el área de influencia directa del proyecto.

C. USO DEL SUELO

- Área por uso del suelo en la zona del proyecto según el Plan de Manejo Ambiental.
- Porcentaje de cambio de usos del suelo en la zona del proyecto.

D. RESTAURACION AMBIENTAL DE ENTORNO

- Total de áreas revegetalizadas en el área de influencia directa del proyecto según el plan de manejo ambiental.
- Volumen total de recuperación del material de descapote durante la etapa de restauración.
- Volumen total maderable aprovechado en rastrojo alto.

E. PAISAJE

- Área según unidad de paisaje.
- Área afectada de cada unidad de paisaje.

7.2.3 INDICADORES ASPECTO GESTIÓN SOCIAL

A. DEMOGRAFÍA

- Número de habitantes del municipio.
- Número de habitantes en el área de influencia del proyecto.
- Porcentaje de habitantes en el área de influencia del proyecto.

B. SERVICIOS PÚBLICOS

- Porcentaje de la calidad y el grado de prestación de servicios públicos.
- Porcentaje de recubrimiento del servicio en área de la zona de estudio a la comunidad.

C. VIVIENDAS

- Número de viviendas ubicadas en el área de influencia del proyecto.
- Porcentaje de viviendas afectadas durante el proyecto.

D. VEREDAL

- Numero de veredas afectadas por el área de influencia del proyecto.

E. DIVULGACIÓN

- Porcentaje de número de charlas y reuniones ejecutadas.
- Porcentaje del número de personas que participo en las charlas.
- Porcentaje de inquietudes, peticiones y quejas resueltas.
- Porcentaje de población beneficiada por proyectos sociales en el área de influencia del proyecto.

F. PERSONAL

- Numero de mano de obra local calificada contratada.
- Numero de mano de obra local no calificada contratada.

G. SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL

- Porcentaje del número de personas que participaron en los talleres.
- Porcentaje del número de talleres ejecutados.
- Porcentaje de población con inducción.
- Porcentaje del deterioro ambiental por actos de inseguridad de los trabajadores.

7.2.4 INDICADORES ASPECTO TÉCNICO

A. EQUIPOS Y MAQUINARIA

- Numero de maquinaria utilizada en el área de influencia directa del proyecto.
- Número de equipos utilizados en el proyecto.
- Numero de maquinaria utilizada según la etapa del proyecto.
- Porcentaje de maquinaria utilizada según la etapa del proyecto.

B. ETAPAS DEL PROYECTO

- Numero de etapas realizadas en el proyecto.
- Porcentaje de afectación de cada una de las etapas en el entorno del proyecto.
- Numero de impactos producidos por cada etapa del proyecto.

C. SEGURIDAD INDUSTRIAL

- Porcentaje de capacitaciones realizadas.
- Porcentaje de inspecciones realizadas.
- Total de accidentes por uso inadecuados de las normas de seguridad.
- Lugar de señalización del proyecto.

7.3 UBICACIÓN ESPACIAL DE LOS INDICADORES DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Para obtener una buena información del proyecto es importante georreferenciar los indicadores, para que garanticen un mejor seguimiento sobre el medio ambiente, y así propiciar un avance en la toma de decisiones en el plano espacial.

Debido a que es importante la georreferenciación, algunos indicadores resultan más fáciles de ubicar que otros, ya que el tipo de información que presentan contiene componentes medibles, para la otra información se deben tener otro tipo de consideraciones a la hora de establecer la ubicación de indicadores más propicios para realizar un buen análisis.

Al precisar de la información que se quiere presentar en los indicadores de seguimiento, es importante precisar y definir patrones que aseguren una distribución adecuada de dichos indicadores; estas pautas contemplan valores que están dentro del proyecto, teniendo en cuenta la variable a ubicar espacialmente, ya que cada una de ellas maneja un tipo de información más manejable que otros, para realizar una buena georreferenciación, por lo tanto

se debe tener información de buena calidad, de fuente confiable y que sean fáciles de entender, posibilitando así una buena caracterización en la cartografía existente generando a su vez un producto confiable de buena calidad.

7.3.1 UBICACIÓN ESPACIAL DEL INDICADOR FISICO

A. COMPONENTE HIROLÓGICO

a. Corrientes afectadas por el proyecto: se hizo una superposición entre el mapa hidrográfico y el mapa del área de influencia directa del proyecto que permita identificar las corrientes de agua afectadas por el proyecto, darles sus respectivas coordenadas.

b. Caudal, velocidad y pendiente del cauce: Dichos componentes se obtienen de estaciones pluviométricas, a las cuales se les dio según sea el número de estaciones en la corriente, en las coordenadas donde se encuentren localizadas en el terreno.

B. COMPONENTE DE RESIDUOS

Los siguientes tipos de residuos a georreferenciar fueron:

a. Aguas residuales: Se ubicaron los sitios donde se disponen las aguas residuales y darles coordenadas a este o bien sea el polígono que forme.

b. Residuos sólidos: Indicar en el plano de localización del área de afectación del proyecto donde se realizara la solidificación y estabilización de residuos y hacer la respectiva georreferenciación al centro de este polígono.

c. Materiales radioactivos: Teniendo en cuenta las fuentes radioactivas solo estarán en la etapa de toma de registros, en el área de la explotación minera, se destinara un área específica para el manejo de ella, por lo tanto se georreferenciara el centro de esta área.

C. COMPONENTE ADECUACIÓN

Las construcciones a las que se dieron coordenadas fueron:

a. Ubicación y manejo de contenedores, talleres y zonas de almacenamiento:
   Se georreferenciara el centro del polígono utilizada para este propósito, para cada una de las construcciones realizadas en todas las etapas del proyecto.

b. Desmantelamiento: Se superpuso el plano de adecuación y el plano de desmantelamiento para ver el área de desmantelamiento real y así georreferenciar está en el centro del polígono que se forme.

D. COMPONENTE GEOLÓGICO

a. Área geológica afectada: mediante la superposición del plano geológico y el área de influencia del proyecto, se mostrará las capas geológicas existentes dentro del proyecto y se procederá a dar coordenadas en el centro de la capa o capas que estén dentro del área del proyecto.

E. COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO

a. Estructura geomorfológica afectada: se georreferenciara el punto de la estructura donde se realice la explotación.

F. COMPONENTE SUELO

a. Características del suelo: se proporcionó coordenadas a los puntos donde se van a realizar los ensayos del suelo para conocer sus características tales como la porosidad y demás atributos del suelo.

G. COMPONENTE CLIMATOLÓGICO

a. Datos de la estación pluviométrica de la zona: Solo se georreferenció el punto exacto donde se encuentren las estaciones pluviométricas en la zona encargada de suministrar la información como régimen de precipitación mensual, y las principales características como la evo transpiración, brillo solar y la localización del estudio técnico.

H. COMPONENTE AIRE

a. Muestreos de emisión de gases: Se suministró coordenadas a los puntos donde se realizaron los muestreos para obtener los niveles de emisión de gases.

I. COMPONENTE RUIDO

a. Muestreos de emisión de ruido: Se aplicó la misma metodología del componente anterior, dando coordenadas a los puntos donde se realizaron los muestreos de emisión de ruido, realizadas por la maquinaria y el equipo de construcción utilizados en el proyecto.

J. COMPONENTE AGUA

a. Características físico-químicas: La determinación de coordenadas fue en el punto exacto de la corriente donde se tomaron las muestras de agua para su posterior estudio.

K. MALLA VIAL

a. Vías afectadas por el proyecto: Se superpusieron los planos se vías del municipio y el área de afectación del proyecto y se da coordenadas en el comienzo de la vía involucrada con el proyecto.

7.3.2 UBICACIÓN ESPACIAL DEL INDICADOR BIOTICO

A. COBERTURA VEGETAL

a. Área por tipo de cobertura vegetal en la zona del proyecto: La cartografía del estudio de la cobertura vegetal se superpuso con el plano del área de influencia del proyecto y se dará coordenadas al centro del polígono que se forme del área o áreas según el caso de la cobertura vegetal que quedan dentro del área de influencia.

B. FAUNA

a. Afectación de especies ubicadas en el área de influencia directa del proyecto: Se dio a conocer el total de especies que se encuentran en

el área del proyecto y georreferenciar un punto donde se evidencia cada especie.

C. USO DEL SUELO

a. Área por uso del suelo en la zona del proyecto según el Plan de manejo Ambiental: teniendo en cuenta la cartografía del uso del suelo, se debe superponer con el plano del área de influencia del proyecto y al centro de las áreas que se generen se asignaran coordenadas.

D. RESTAURACIÓN AMBIENTAL DEL ENTORNO

a. Total de áreas revegetalizadas en el área de influencia directa del proyecto: Con la superposición del plano del área del proyecto con las zonas a recuperar según el plan de manejo ambiental y georreferenciar el centro de las áreas que se generen.

E. PAISAJE

a. Área según tipo de paisaje: se determinó en la cartografía el tipo de espacio y georreferenciar el punto central de cada zona, para la afectación del proyecto a cada uno de estos se debe superponer la cartografía del diseño y posteriormente asignar coordenadas centrales de las zonas identificadas.

7.3.3 UBICACIÓN ESPACIAL DEL INDICADOR DE GESTIÓN SOCIAL

A. DEMOGRAFÍA

a. Número de habitantes por veredas del municipio: Se asignó coordenadas a un punto central de la vereda y a este asignarle la información de dicha área.

b. Número de habitantes en el área de influencia del proyecto: Con la información del número de habitantes en la zona de influencia del proyecto se dio coordenadas al centro del polígono donde habita la comunidad.

B. SERVICIOS PÚBLICOS

a. Recubrimiento del servicio en área de la zona de influencia a la comunidad: Con el plano de servicios públicos del municipio se superpuso el plano con el área de influencia del proyecto y así se asignara coordenadas a los puntos donde se encuentran las redes de servicios públicos.

C. VIVIENDAS

a. Número de viviendas ubicadas en el área de influencia del proyecto: se localizó las viviendas ubicadas en el área de influencia del proyecto y georreferenciar estas en el centro del polígono de los predios existentes.

D. VEREDAL

a. Número de veredas afectadas por el área de influencia del proyecto: Se superpuso el plano verdal con el área de influencia directa del proyecto, y dar coordenadas al centro de los polígonos de cada vereda afectada por el proyecto.

E. DIVULGACIÓN

a. Población beneficiada por proyectos sociales en el área de influencia del proyecto: Se georreferenció el lugar donde se realizan las charlas y talleres a la comunidad agregando a esto la información de la población beneficiada por el proyecto en el ámbito ambiental, social y cultural.

F. PERSONAL

a. Mano de obra local contratada: Conociendo los lugares donde se realiza la contratación de personal local se dio coordenadas el lugar donde se hace dicha actividad y se añadirá la cantidad de personal contratado sea calificado o no calificado.

G. SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL

a. Porcentaje de deterioro ambiental por actos inseguros de los trabajadores: Se dio coordenadas a los lugares donde se desarrolla el deterioro ambiental por parte de los trabajadores y se añadirá a la cantidad de población que realizo la inducción para evitar estos deterioros ambientales.

7.3.4 UBICACIÓN ESPACIAL DEL INDICADOR TECNICO

A. EQUIPOS Y MAQUINARIA

a. Número de maquinaria y equipos utilizados en el área de influencia del proyecto: Se georreferenció el punto donde se encuentra la maquinaria y a este agregarle la información del número de maquinaria y equipos en el proyecto.

b. Número de maquinaria y equipo utilizado según la etapa del proyecto: En la creación del polígono de cada etapa del proyecto a la cual se le asigno coordenadas y se le añadirá la información del número la maquinaria y equipo utilizada en cada etapa del proyecto.

B. ETAPAS DEL PROYECTO

a. Afectación de cada una de las etapas en el entorno del proyecto: Se georreferenció un punto central en el polígono creado por cada etapa del proyecto cumplido.

C. SEGURIDAD INDUSTRIAL

a. Lugar de señalización del proyecto: tomando la ubicación de los puntos de señalización se asignó coordenadas donde las señales se encuentran.

b. Lugar de accidentes del proyecto: Se procedió a georreferenciar el centro del lugar del accidente.

7.4 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LOS INDICADORES DE SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Una vez que se determinaron los indicadores y georeferenciaron estos, obteniendo así los valores que permitieron seguir con cada una de las medidas adoptadas por el plan de manejo ambiental a proyectos de explotación minera a cielo abierto, para cada etapa del proyecto que se realiza, es necesario contar con ecuaciones que permitan obtener los valores, para así realizar un análisis comparativo acerca del grado de afectación y saber con ello si se logra la meta esperada para la cual se realiza el seguimiento al plan de manejo ambiental en el proyecto.

Hay dos aspectos por los cuales se mide el cumplimiento del plan de manejo ambiental a proyectos de explotación minera; la primera se realiza por comparación de valores, ya que no pueden tomar un valor en porcentaje, y la segunda son ecuaciones de los indicadores que pueden tomar valores en porcentaje.

Teniendo en cuanto lo mencionado anteriormente las ecuaciones utilizadas por indicador son:

7.4.1 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE INDICADORES ASPECTO FÍSICO

A. COMPONENTE HIROLÓGICO

- Numero de corrientes afectadas por el área de influencia del proyecto
  Cantidad de las principales corrientes delimitadas en la zona de estudio.

- Características morfométricas
  Área de la cuenca y perímetro del cauce.

- Tiempo de concentración de las corrientes afectadas por el área de influencia del proyecto

$$Tc = 0.00325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Ecuación 1 ECUACION TIEMPO DE CONCENTRACION

Donde:
Tc= tiempo de concentración.
L= Longitud del cauce principal, en metros.
S= Pendiente media del cauce principal.

- Factor de forma de las corrientes afectadas por el área de influencia del proyecto

  El factor de forma de determina mediante la siguiente ecuación:

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Ecuación 2 FACTOR DE FORMA DE LAS CORRIENTES

Donde:
A= Área de la cuenca en Kilómetros cuadrados.
L= Longitud de la corriente principal en Kilómetros.

- Coeficiente de compacidad de las corrientes afectadas por el área de influencia del proyecto

$$Kc = 0.28\frac{P}{\sqrt{A}}$$

Ecuación 3 COEFICIENTE DE COMPACIDAD

Donde:
P= Perímetro de la cuenca en kilómetros.
A= Área de la cuenca en Kilómetros Cuadrados.

- Caudal en las corrientes por actividades en el proyecto

$$Q = C * i * A$$

Ecuación 4 ECUACION DE CAUDAL POR ACTIVIDAD

Donde:
Q= Caudal máximo de descarga de escorrentía superficial (m^3/s).
C= Coeficiente de escorrentía (valor a dimensional).
i= Intensidad máxima de la lluvia en 24 horas (mm/h).
A= Área aferente de drenaje (km^2).

- Pendiente del cauce en las corrientes por actividades en el proyecto

$$Sc = \frac{H_2 - H_1}{L}$$

Ecuación 5 ECUACION DE LA PENDIENTE DEL CAUCE

Donde:
H_1= Cota del punto aguas abajo (m).
H_2= Cota del punto aguas arriba (m).
L= Longitud de la corriente entre los puntos 1 y 2.

B. COMPONENTE DE RESIDUOS

Los tipos de residuos que se manejaran son:

a. AGUAS RESIDUALES

- Porcentaje de remoción de DBO del sistema.

$$Porcentaje\ RDBO = \frac{RDBO}{RED} * 100$$

Ecuación 6 ECUACION PORCENTAJE DE REMOCION DBO

Donde:
RDBO= Remoción de DBO obtenida en el sistema.
RED= Remoción exigida en el decreto (80 porcentaje).

- Porcentaje Remoción de Grasas y Aceites obtenidas en el sistema.

$$Porcentaje\ RGAS = \frac{REGAS}{RED} * 100$$

Ecuación 7 ECUACION PORCENTAJE DE REMOCION DE GRASA

Donde:
RGAS= Remoción de grasas y aceites obtenidas en el sistema.
RED= Remoción exigida en el decreto (80 porcentaje).

- Porcentaje Número de parámetros que cumplen en el sistema.

$$Porcentaje\ NPCD = \frac{NPCD}{NPCLN} * 100$$

Ecuación 8 PORCENTAJE NUMERO DE PARAMETROS QUE CUMPLE EL SISTEMA

Donde:
NPCD= Número de parámetros que cumplen los límites establecidos en el decreto.
NPCLN= Número de parámetros monitoreados que cuentan con limite normativo.

- Porcentaje del volumen total de agua intervenida por el proyecto.

$$Porcentaje\ VAT = \frac{VAT}{VAV} * 100$$

Ecuación 9 PORCENTAJE DEL VOLUMEN DE AGUA INTERVENIDA

Donde:
VAT= Volumen de agua tratada.
VAV= Volumen de agua a verter.

- Porcentaje del número total de inspecciones realizadas al sistema.

$$Porcentaje\ NIRS = \frac{NIRS}{NIPST} * 100$$

Ecuación 10 PORCENTAJE TOTAL DE INSPECCIONES

Donde:
NIRS= Número de inspecciones realizadas al sistema.
NIPST= Número de inspecciones programadas para el sistema de tratamiento.

b. RESIDUOS SOLIDOS

- Porcentaje Cantidad de Cortes totales de residuos sólidos.

$$Porcentaje\ CCT = \frac{CCT}{CCG} * 100$$

Ecuación 11 PORCENTAJE CANTIDAD DE CORTES DE RESIDUOS SOLIDOS

Donde:
CCT= Cantidad de cortes tratados estabilizados en la piscina.
CCG= Cantidad de cortes generados.

- Porcentaje cantidad de residuos orgánicos generados por el proyecto.

$$Porcentaje\ CROC = \frac{CROC}{CROG} * 100$$

Ecuación 12 PORCENTAJE CANTIDAD DE RESIDUOS ORGANICOS

Donde:
CROC= Cantidad de residuos orgánicos regalados a la comunidad (peso en toneladas).
CROG= Cantidad de residuos orgánicos generados.

- Porcentaje cantidad de residuos reciclables.

$$Porcentaje\ CRRC = \frac{CRT}{CRG} * 100$$

Ecuación 13 PORCENTAJE DE RESIDUOS RECICLABLES

Donde:
CRRC= Cantidad de residuos reciclables entregados a las cooperativas de reciclaje o recicladores de la zona.
CRR= Cantidad de residuos reciclables.

- Porcentaje cantidad de residuos tratados.

$$Porcentaje\ CRT = \frac{CRT}{CRG} * 100$$

Ecuación 14 PORCENTAJE CANTIDAD DE RESIDUOS TRATADOS

Donde:
CRT= Cantidad de residuos tratados.
CRG= Cantidad de residuos generados.

c. MATERIALES RADIOACTIVOS.

- Porcentaje cantidad de veces durante la etapa de perforación que ocurre atascamiento de la fuente radioactiva.

$$Porcentaje\ NAFR = \frac{NAFR}{NUFR} * 100$$

Ecuación 15 PORCENTAJE MATERIAL RADIOACTIVO

Donde:
NAFR= Número de atascamiento en la fuente radioactiva.
NUFR= Número de veces que utilizan la fuente radioactiva.

C. ASPECTO ADECUACIÓN

El tipo de adecuación que se desarrollan en este proyecto son:

d. UBICACIÓN Y MANEJO DE CONTENEDORES, TALLERES Y ZONAS DE ALMACENAMIENTO

$$Porcentaje\ ATA = \frac{ATA}{APD} * 100$$

Ecuación 16 PORCENTAJE DE ADECUACION

Donde:
ATA= Áreas utilizadas para la adecuación de contenedores, talleres y zonas de almacenamiento.
APD= Áreas proyectadas en el diseño (m^2).

e. ADECUACIÓN DE LA LOCACIÓN.

- Porcentaje de cumplimiento de estándares técnicos de la piscina de cortes.

$$Porcentaje\ ETC = \frac{ETC}{ETE} * 100$$

Ecuación 17 PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO DE LA PISCINA DE CORTES

Donde:
ETE= Número de estándares técnicos esperados.
ETC= Número de estándares técnicos cumplidos.

f. DESMANTELAMIENTO

- Porcentaje total del NÚMERO de estructuras desmanteladas en el proyecto.

$$Porcentaje\ ED = \frac{ED}{EC} * 100$$

Ecuación 18 PORCENTAJE NUMERO DE ESTRUCTURAS DESMANTELADAS

Donde:
EC= Estructuras construidas en el área del proyecto.
ED= Estructuras desmontadas en el área del proyecto.

D. COMPONENTE GEOLÓGICO

- Porcentaje de afectación de la estratigrafía en la zona donde se desarrolla el proyecto.

$$Porcentaje\ EGA = \frac{EGA}{EGP} * 100$$

Ecuación 19 PORCENTJE DE AFECTACION ESTRATIGRAFICA

Donde:
EGA= Estratigrafía geológica afectada en el área de influencia del proyecto.
EGP= Unidades geomorfológica presente en el área del proyecto.

E. COMPONENTE GEOMORFOLÓGICO

- Afectación en los tipos de unidades presentes en el área del terreno.

$$Porcentaje\ UGA = \frac{UGA}{UGP} * 100$$

Ecuación 20 PORCENTAJE DE AFECTACION EN EL AREA DEL PROYECTO

Donde:
UGA= Unidades geomorfológicas afectadas en el área de influencia del proyecto.
UGP= Unidades geomorfológicas presente en el área del proyecto.

F. COMPONENTE SUELO

Se comparan en un periodo de tiempo las muestras físico-químicas del suelo como:

- Porosidad.
- Tipo de suelo.

- Textura.
- Permeabilidad.
- Densidad total.
- Densidad aparente.
- Infiltración.

G. COMPONENTE CLIMATOLÓGICO

- Datos de la estación pluviométrica de la zona.

  Se comparan los valores altos y continuos de temperatura, niveles altos de evaporación, alto régimen de horas brillo solar/día y precipitaciones relativamente altas.

H. COMPONENTE AIRE

- Porcentaje total en los monitoreos de aire.

$$Porcentaje\ MAR = \frac{MAR}{MAP} * 100$$

Ecuación 21 PORCENTAJE MONITOREO DE AIRE

Donde:
MAR= Monitoreos de aire realizados.
MAP= Monitoreos de aire proyectados.

I. COMPONENTE RUIDO

- Porcentaje total en los monitoreos de ruido.

$$Porcentaje\ MRR = \frac{MRR}{MRP} * 100$$

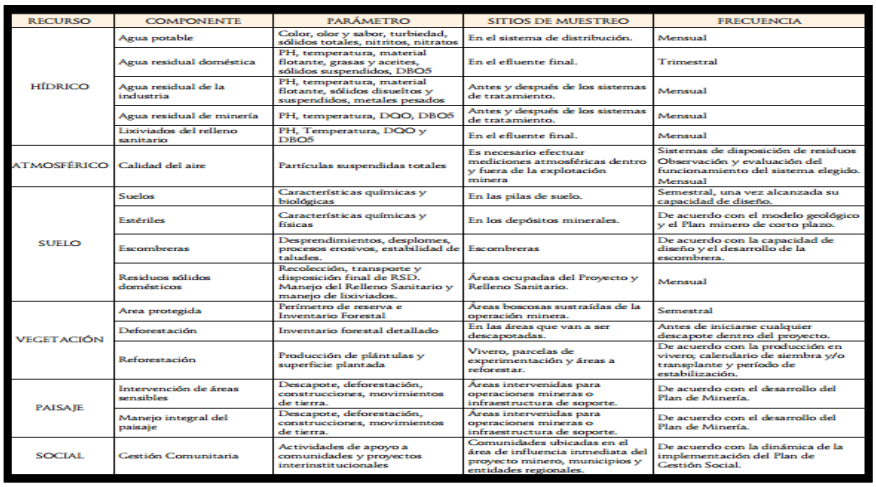
Ecuación 22 PORCENTAJE MONITOREO DE RUIDO

Donde:
MRR= Monitoreos de ruido realizadas.
MRP= Monitoreos de ruido proyectados.

J. COMPONENTE AGUA

Se comparar en un periodo de tiempo las muestras físico-químicas del suelo.
A continuación se visualizara una tabla en el cual se ve estipulado los recursos, componentes, parámetros, sitios de muestreo y la frecuencia con la que se realizan los anteriores ítems mencionados tomados del ministerio de minas y energía para proyectos de explotación minera a cielo abierto:

Grafica 4 PARAMETROS DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO PARA EL ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL, FUENTE: (Ministerio De Minas Y Energía)



RECURSO	COMPONENTE	PARÁMETRO	SITIOS DE MUESTREO	FRECUENCIA
HÍDRICO	Agua potable	Color, olor y sabor, turbiedad, sólidos totales, nitritos, nitratos	En el sistema de distribución.	Mensual
	Agua residual doméstica	PH, temperatura, material flotante, grasas y aceites, sólidos suspendidos, DBO5	En el efluente final.	Trimestral
	Agua residual de la industria	PH, temperatura, material flotante, sólidos disueltos y suspendidos, metales pesados	Antes y después de los sistemas de tratamiento.	Mensual
	Agua residual de minería	PH, temperatura, DQO, DBO5	Antes y después de los sistemas de tratamiento.	Mensual
	Lixiviados del relleno sanitario	PH, Temperatura, DQO y DBO5	En el efluente final.	Mensual
ATMOSFÉRICO	Calidad del aire	Partículas suspendidas totales	Es necesario efectuar mediciones atmosféricas dentro y fuera de la explotación minera	Sistemas de disposición de residuos Observación y evaluación del funcionamiento del sistema elegido. Mensual
SUELO	Suelos	Características químicas y biológicas	En las pilas de suelo.	Semestral, una vez alcanzada su capacidad de diseño.
	Estériles	Características químicas y físicas	En los depósitos minerales.	De acuerdo con el modelo geológico y el Plan minero de corto plazo.
	Escombreras	Desprendimientos, desplomes, procesos erosivos, estabilidad de taludes.	Escombreras	De acuerdo con la capacidad de diseño y el desarrollo de la escombrera.
	Residuos sólidos domésticos	Recolección, transporte y disposición final de RSD. Manejo del Relleno Sanitario y manejo de lixiviados.	Áreas ocupadas del Proyecto y Relleno Sanitario.	Mensual
VEGETACIÓN	Area protegida	Perímetro de reserva e Inventario Forestal	Áreas boscosas sustraídas de la operación minera.	Semestral
	Deforestación	Inventario forestal detallado	En las áreas que van a ser descapotadas.	Antes de iniciarse cualquier descapote dentro del proyecto.
	Reforestación	Producción de plántulas y superficie plantada	Vivero, parcelas de experimentación y áreas a reforestar.	De acuerdo con la producción en vivero; calendario de siembra y/o transplante y período de estabilización.
PAISAJE	Intervención de áreas sensibles	Descapote, deforestación, construcciones, movimientos de tierra.	Áreas intervenidas para operaciones mineras o infraestructura de soporte.	De acuerdo con el desarrollo del Plan de Minería.
	Manejo integral del paisaje	Descapote, deforestación, construcciones, movimientos de tierra.	Áreas intervenidas para operaciones mineras o infraestructura de soporte.	De acuerdo con el desarrollo del Plan de Minería.
SOCIAL	Gestión Comunitaria	Actividades de apoyo a comunidades y proyectos interinstitucionales	Comunidades ubicadas en el área de influencia inmediata del proyecto minero, municipios y entidades regionales.	De acuerdo con la dinámica de la implementación del Plan de Gestión Social.

Estudios Del Impacto Ambiental (Ministerio De Minas Y Energía).

Tabla 1 PARAMETROS COMPONENTE AGUA

Referencia	**Usuario**
pH	5 a 9 unidades
Temperatura	<40ºC
Material flotante	Ausente
Grasas y aceites	Remoción >o igual a 80% en carga
Sólidos sus-Pendidos domésticos o industriales	Remoción > o igual a 80% en carga
Demanda bioquímica de oxígeno:	
Para desechos domésticos	Remoción >o igual 80% en carga
Para desechos industriales	Remoción > o igual a 80% en carga

(Ministerio de minas y energía).

En la siguiente tabla se muestra valores tomados de un proyecto de explotación sísmica que tiene pocas diferencias en los valores a tener en cuenta de los componentes del agua en un proyecto de explotación minera, al igual son establecidos por el Ministerio de Minas y Energía.

Tabla 2 PARAMETROS COMPONENTE AGUA

PARAMETRO	CANTIDAD MINIMA DE MUESTRA [ml]
Alcalinidad	200
Cloruros	240
Conductividad	500
Dióxido de Carbono	100

DBO	1000
DQO	100
Dureza	100
Fenoles	500
Grasas y Aceites	400
Oxígeno disuelto	300
PH	-
Sulfuros	100
Coliformes Fecales	500
Coliformes Totales	500

PMA proyecto de explotación sísmica

K. MALLA VIAL

- Porcentaje Número de vías afectadas por el tránsito de maquinaria del proyecto.

$$Porcentaje\ VUP = \frac{VUP}{VAP} * 100$$

Ecuación 23 PORCENTAJE NUMERO DE VIAS AFECTADAS

Donde:
VUP= Número de vías ubicadas dentro del área de influencia directa del proyecto.
VAP= Número de vías afectadas dentro del área de influencia directa del proyecto.

- Porcentaje de transito de maquinaria, vehículos del proyecto.

$$Porcentaje\ NTM = \frac{NTM}{NVA} * 100$$

Ecuación 24 PORCENTAJE DE TRANSITO DE MAQUINARIA

Donde:
NTM= Número total de maquinaria que transita por las vías afectadas.
NVA= Número de vías afectadas.

7.4.2 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE INDICADORES ASPECTO BIÓTICO

A. COBERTURA VEGETAL

- Porcentaje Área afectada por tipo de cobertura vegetal en la zona del proyecto.

$$Porcentaje\ AACV = \frac{AACV}{ATVC} * 100$$

Ecuación 25 PORCENTAJE AREA AFECTADA COBERTURA VEGETAL

Donde:
ATCV= Área total tipo de cobertura vegetal en la zona del proyecto.
AACV= Área afectada tipo de cobertura vegetal en la zona del proyecto.

- Porcentaje de área manejada según el Plan de Manejo Ambiental.

$$Porcentaje\ AMPMA = \frac{AMPMA}{ATCV} * 100$$

Ecuación 26 PORCENTAJE AREA MANEJADA PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Donde:
AMPMA= Área total tipo de cobertura vegetal manejada por el PMA.
ATCV= Área afectada tipo de cobertura vegetal en la zona del proyecto.

B. FAUNA

- Porcentaje de especies ubicadas en el área de influencia directa del proyecto.

$$Porcentaje\ EUR = \frac{EUR}{EUT} * 100$$

Ecuación 27 PORCENTAJE DE ESPECIES UBICADAS EN EL AREA DE INFLUENCIA

Donde:
EUR= Especies ubicadas reales dentro del área de influencia de la zona.
EUT= Especies ubicadas teóricamente en el área de influencia de la zona.

- Porcentaje de afectación de especies ubicadas en el área de influencia directa del proyecto.

$$Porcentaje = \frac{EA}{EUR} * 100$$

Ecuación 28 PORCENTAJE DE AFECTACION DE ESPECIES

Donde:
EA= Número de especies afectadas en el área de influencia.
EUR= Especies ubicadas reales dentro del área de influencia de la zona.

C. USO DEL SUELO

- Porcentaje de área por uso del suelo en la zona del proyecto según el Plan de Manejo Ambiental.

$$Porcentjae\ AUSPMA = \frac{AUSPMA}{ATUS} * 100$$

Ecuación 29 PORCENTAJE AREA POR USO DEL SUELO

Donde:
AUSPMA= Área por uso del suelo en la zona del proyecto según el plan de manejo ambiental.
ATUS= Área total del uso del suelo en la zona del proyecto.

- Porcentaje de cambio de usos del suelo en la zona del proyecto.

$$Porcentaje\ AAUS = \frac{AAUS}{ATUS} * 100$$

Ecuación 30 PORCENTAJE CAMBIO DE USO DEL SUELO

Donde:
AAUS= Área actual de usos del suelo en el área de influencia del proyecto.
ATUS= Área total del uso del suelo en la zona del proyecto.

D. RESTAURACIÓN AMBIENTAL DEL ENTORNO

- Porcentaje total de áreas revegetalizadas.

$$Porcentaje\ TAR = \frac{TAR}{TAI} * 100$$

Ecuación 31 PORCENTAJE AREAS REVEGETALIZADAS

Donde:
TAR= Total de áreas revegetalizadas.
TAI= Total de áreas intervenidas.

E. PAISAJE

- Porcentaje área afectada de cada unidad de paisaje.

$$Porcentaje\ TAUPCI = \frac{TAUPCI}{TAUPSI} * 100$$

Ecuación 32 PORCENTAJE AREA AFECTADA DE CADA UNIDAD DE PAISAJE

Donde:
TAUPCI= Total áreas de unidad de paisaje con intervención en el proyecto.
TAUPSI= Total áreas de unidad de paisaje sin intervención en el proyecto.

7.4.3 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DEL ASPECTO GESTIÓN SOCIAL

A. DEMOGRAFIA

- Porcentaje de habitantes en el área de influencia del proyecto.

$$Porcentaje\ NHAP = \frac{NHAP}{NHM} * 100$$

Ecuación 33 PORCENTAJE NUMERO DE HABITANTES POR AREA DE INFLUENCIA

Donde:
NHAP= Número de habitantes en el área de influencia del proyecto.
NHM= Número de habitantes del municipio.

B. SERVICIOS PÚBLICOS

- Porcentaje de recubrimiento de servicios en área de la zona de estudio a la comunidad.

$$Porcentaje\ RSVAP = \frac{RSVAP}{RSMP} * 100$$

Ecuación 34 PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO DE SERVICIOS PUBLICOS

Donde:
RSVAP= Recubrimiento de la zona del proyecto con servicios públicos.
RSPM= Recubrimiento de servicios públicos en el municipio donde está ubicado el proyecto.

C. VIVIENDAS

- Porcentaje de viviendas afectadas durante el proyecto.

$$Porcentaje\ VAAP = \frac{VAAP}{VUAP} * 100$$

Ecuación 35 PORCENTAJE VIVIENDAS AFECTADAS

Donde:
VAAP= Número de viviendas afectadas en el área de influencia del proyecto.
VUAP= Número de viviendas ubicadas en el área de influencia del proyecto.

D. VEREDAL

- Porcentaje número de veredas afectadas por el área de influencia del proyecto.

$$Porcentaje\ VAP = \frac{VAP}{TVM} * 100$$

Ecuación 36 PORCENTAJE NUMERO DE VEREDAS AFECTADAS

Donde:
VAP= Número de veredas afectadas por el proyecto.
TVM= Número total de veredas en el municipio.

E. DIVULGACIÓN

- Porcentaje del número de charlas y reuniones ejecutadas.

$$Porcentaje\ TAEP = \frac{TAEP}{TAZP} * 100$$

Ecuación 37 NUMERO DE CHARLAS Y REUNIONES

Donde:
TAEP= Número de charlas y reuniones ejecutadas.
TAZP= Número de charlas y reuniones planeadas.

- Porcentaje del número de personas que participo en las charlas.

$$Porcentaje\ TAEP = \frac{TAEP}{TAEC} * 100$$

Ecuación 38 NUMERO DE PERSONAS QUE PARTICIPO EN CHARLAS

Donde:
TAEP= Número de charlas y reuniones ejecutadas.
TAEC= Población convocada.

- Porcentaje inquietudes o quejas resueltas.

$$Porcentaje\ TIQR = \frac{TIQR}{TIQRB} * 100$$

Ecuación 39 PORCENTAJE INQUIETUDES Y QUEJAS

Donde:
TIQR= Inquietudes o quejas resueltas.
TIQRB= Inquietudes o quejas recibidas.

F. PERSONAL

- Porcentaje número de mano de obra local calificada contratada.

$$Porcentaje\ MOLC = \frac{MOLC}{MOTP} * 100$$

Ecuación 40 NUMERO DE MANO DE OBRA CALIFICADA

Donde:
MOLC= Mano de obra local calificada contratada.
MOTP= Mano de obra local del proyecto.

- Porcentaje número de mano de obra local no calificada contratada.

$$Porcentaje\ MOLNC = \frac{MOLNC}{MOTP} * 100$$

Ecuación 41 NUMERO DE MANO DE OBRA NO CALIFICADA

Donde:
MOLNC= Mano de obra local no calificada contratada.
MOTP= Mano de obra local del proyecto.

G. SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL

- Porcentaje del número de personas que participaron en los talleres.

$$Porcentaje\ PPT = \frac{PPT}{PTC} * 100$$

Ecuación 42 PARTICIPANTES DE PERSONAS EN CHARLAS

Donde:
PPT= Número de personas que participaron en los talleres.
PTC= Población total convocada.

- Porcentaje de evaluaciones positivas de los talleres.

$$Porcentaje\ EPT = \frac{EPT}{TET} * 100$$

Ecuación 43 PORCENTAJE DE EVALUACION DE TALLERES

Donde:
EPT= Evaluaciones positivas de los talleres.
TET= Total de evaluaciones en los talleres.

7.4.4 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE INDICADORES DEL ASPECTO TÉCNICO

A. EQUIPOS Y MAQUINARIA

- Porcentaje de maquinaria según la etapa del proyecto.

$$Porcentaje\ MUSEP = \frac{MUSEP}{TMUP} * 100$$

Ecuación 44 PORCENTAJE MAQUINARIA UTILIZADA EN EL PROYECTO

Donde:
MUSEP= Número de maquinaria utilizada según la etapa del proyecto.
TMUP= Número total de maquinaria utilizada en el proyecto.

- Porcentaje de equipos utilizados según etapa del proyecto.

$$Porcentaje\ MESEP = \frac{MESEP}{TEUP} * 100$$

Ecuación 45 PORCENTAJE EQUIPOS UTILIZADOS

Donde:
MESEP= Número de equipos utilizados según la etapa del proyecto.
TEUP= Número total de equipos utilizados en el proyecto.

B. ETAPAS DEL PROYECTO

- Porcentaje número de etapas realizadas en el proyecto.

$$Porcentaje\ ERP = \frac{ERP}{ETRP} * 100$$

Ecuación 46 PORCENTAJE ETAPAS REALIZADAS

Donde:
ERP= Número de etapas realizadas en el proyecto.
ETRP= Número total de etapas del proyecto.

- Porcentaje de afectación de cada una de las etapas en el entorno del proyecto.

$$Porcentaje\ AREP = \frac{AREP}{TAP} * 100$$

Ecuación 47 PORCENTAJE DE AFECTACION SEGUN ETAPAS Y ENTORNO

Donde:
AREP= Número de afectaciones por etapas realizadas en el proyecto.
TAP= Número total de afectaciones por proyecto.

C. SEGURIDAD INDUSTRIAL

- Porcentaje señalización en el área del proyecto.

$$Porcentaje\ SI = \frac{SI}{SP} * 100$$

Ecuación 48 PORCENTAJE DE SEÑALIZACION EN EL AREA DEL PROYECTO

Donde:
SI= Número de señales implementadas.
SP= Número de señales proyectadas.

- Porcentaje de implementos de protección utilizados por los empleados del proyecto.

$$Porcentaje\ IPE = \frac{IPE}{IPEX} * 100$$

Ecuación 49 PORCENTAJE IMPLEMENTACION PROTECCION DE EMPLEADOS

Donde:
IPE= Implementos de protección empleados.
IPEX= Implementos de protección exigidos.

- Porcentaje de capacitaciones realizadas a los empleados vinculados con el proyecto.

$$Porcentaje\ CR = \frac{CR}{CP} * 100$$

Ecuación 50 PORCENTAJE DE CAPACITACIONES REALIZADAS

Donde:
CR= Capacitaciones realizadas.
CP= Capacitaciones programadas.

- Porcentaje número de asistentes a las capacitaciones para evitar accidentes en la zona del proyecto.

$$Porcentaje\ NA = \frac{NA}{NTC} * 100$$

Ecuación 51 PORCENTAJE NUMERO DE ASISTENTES CAPACITADOS

Donde:
NA= Número de asistentes.
NTC= Número de trabajadores citados.

- Porcentaje de inspecciones realizadas de revisión de seguridad al campo donde se desarrolla el proyecto.

$$Porcentaje\ IR = \frac{IR}{IP} * 100$$

Ecuación 52 PORCENTAJE INSPECCIONES REALIZADAS

Donde:
IR= Inspecciones realizadas.
IP= inspecciones programadas.

- Porcentaje de accidentes por etapa del proyecto.

$$Porcentaje\ TAEP = \frac{TAEP}{TAZP} * 100$$

Ecuación 53 PORCENTAJE DE ACCIDENTES POR ETAPA

Donde:
TAEP= Total accidentes por etapa del proyecto.
TAZP= Total accidentes en la zona del proyecto.

7.5 EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO

Luego de realizar el análisis comparativo de cada indicador de seguimiento del plan de manejo ambiental para proyectos de explotación minera a cielo abierto, se obtienen valores por nivel de cumplimiento por componente teniendo en cuenta un mismo criterio para poder realizar una evaluación por actividades y etapas del proyecto.

Teniendo en cuenta que, el nivel máximo para el cumplimiento del plan de manejo ambiental es del 100%, se debe realizar una diferencia entre este y el nivel real de cumplimiento en campo y así conocer el grado de cumplimiento del plan de manejo ambiental en proyectos de explotación minera a cielo abierto.

Se propone el siguiente cuadro para la clasificación del grado de cumplimiento del plan de manejo ambiental en un proyecto de minería a cielo abierto con parámetros estándares que ofrece el ministerio de minas y energía para realizar un criterio que cumpla con lo mencionado anteriormente..

Tabla 3
Evaluación y grado de cumplimiento del proyecto por indicadores

DIFERENCIA	GRADO DE CUMPLIMIENTO
MENOR A 5%	ALTO
6% A 10%	ALTO-MEDIO
11% A 25%	MEDIO
26% A 35%	MEDIO-BAJO
36% A 465	BAJO
MAYOR A 50%	DEFICIENTE

(

Nota: (Plan de Manejo Ambiental; Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Para hacer un seguimiento al plan de manejo ambiental es importante tener clara cuales van a hacer las variables de seguimiento afectadas durante las etapas del proyecto, para así conocer cuál es el grado de alteración de un indicador en una etapa especifica del proyecto, de este modo se pueden obtener valores que permitan un seguimiento al plan de manejo ambiental en

proyectos de explotación minera a cielo abierto; el grado de cumplimiento al seguimiento por etapas del Plan de Manejo Ambiental se realiza con la tabla ya mencionada anteriormente.

7.5.1 FORMATO DE CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Para efectos de presentación se generó un formato que presenta la información de cumplimiento de cada indicador de seguimiento.

Tabla 4
Cuadro de información de cumplimiento

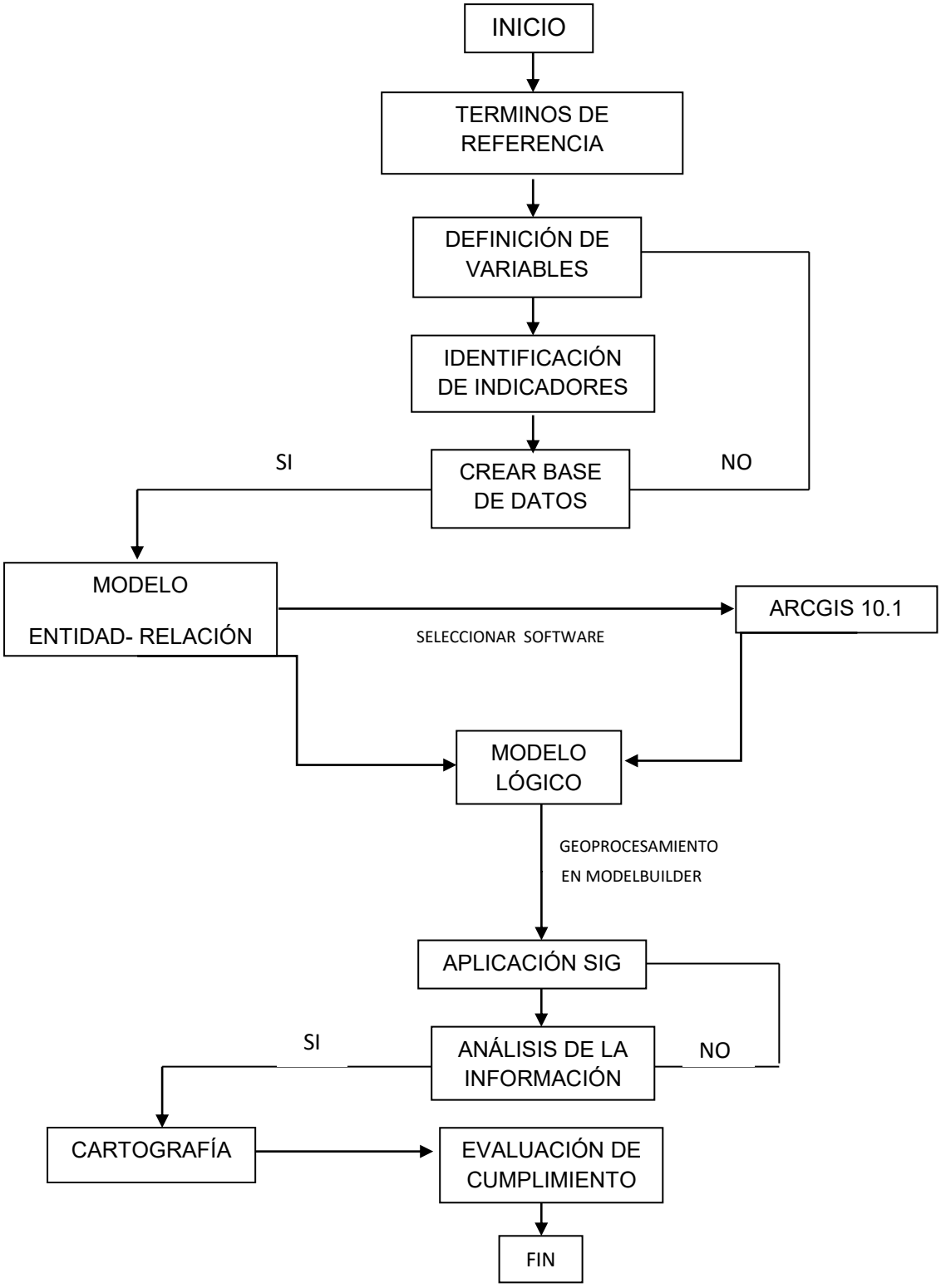
ESTADO DE CUMPLIMIENTO DE LOS REQUERIMIENTOS DE LOS ACTOS ADMINISTRATIVOS							**FORMATO**
FECHA:							
1.REQUERIMIENTOS		**2.PARAMETROS DE CONTROL**	**4.VALOR**		**CUMPLIMIENTO**		
			# REAL	**# TEORICO**	**SI**	**NO**	**PARCIAL (%)**
COMPONENTE	**1.INDICADOR DE SEGUIMIENTO**						

Nota: (Plan de Manejo Ambiental; Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Tabla 5. Matriz de las relaciones espaciales de la aplicación

	MATRIZ DE RELACION	1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	14	15	16	20
	RELACION VS RELACION	**Hidrología**	**Residuos**	**Geología**	**Geomorfología**	**Suelo**	**Agua**	**Cobertura Vegetal**	**Fauna**	**Usos del Suelo**	**Restauración Ambiental**	**Equipos y Maquinaria**	**Malla Vial**	**Paisaje**	**Entorno**
1	**Hidrología**	X				X	X	X					X	X	
2	**Residuos**	X	X			X	X	X	X		X			X	
3	**Geología**			X	X	X	X	X	X	X				X	
4	**Geomorfología**	X		X	X	X	X			X			X	X	
5	**Suelo**	X	X	X	X	X	X	X				X	X		X
9	**Agua**	X				X	X								
10	**Cobertura Vegetal**					X		X	X	X		X		X	X
11	**Fauna**	X				X	X	X	X	X				X	
12	**Usos del Suelo**					X	X		X	X		X	X	X	X
13	**Restauración Ambiental**	X			X	X		X	X	X	X			X	X
14	**Equipos y Maquinaria**										X	X			X
15	**Malla Vial**									X		X	X		
16	**Paisaje**	X		X	X	X	X	X	X		X		X	X	X
20	**Entorno**	X	X		X	X	X	X	X					X	X

8 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA ELABORACION DE LA HERRAMIENTA SIG PARA EL SEGUIMIENTO DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL EN PROYECTOS DE EXPLOTACION MINERA DE LA CANTERA EL "PENCAL" UBICADO EN EL MUNICIPIO DE MOSQUERA, CUNDINAMARCA



Fuente: Michael Bulla y Ricardo Cantor

9 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

9.1 MODELO CONCEPTUAL

Para realizar el modelo conceptual se identificaron las entidades de seguimiento del plan de manejo ambiental añadiendo con esta la variable entorno la cual define el área de influencia directa del proyecto para así posibilitar la relación entre entidades.

Las entidades seleccionadas son:

- Malla vial
- Geología
- Hidrología
- Geomorfología
- Suelo
- Cobertura vegetal
- Usos del suelo
- Paisaje
- Demografía
- Limites político - administrativos
- Entorno
- Sensibilización ambiental

9.2 MODELO ENTIDAD RELACIÓN

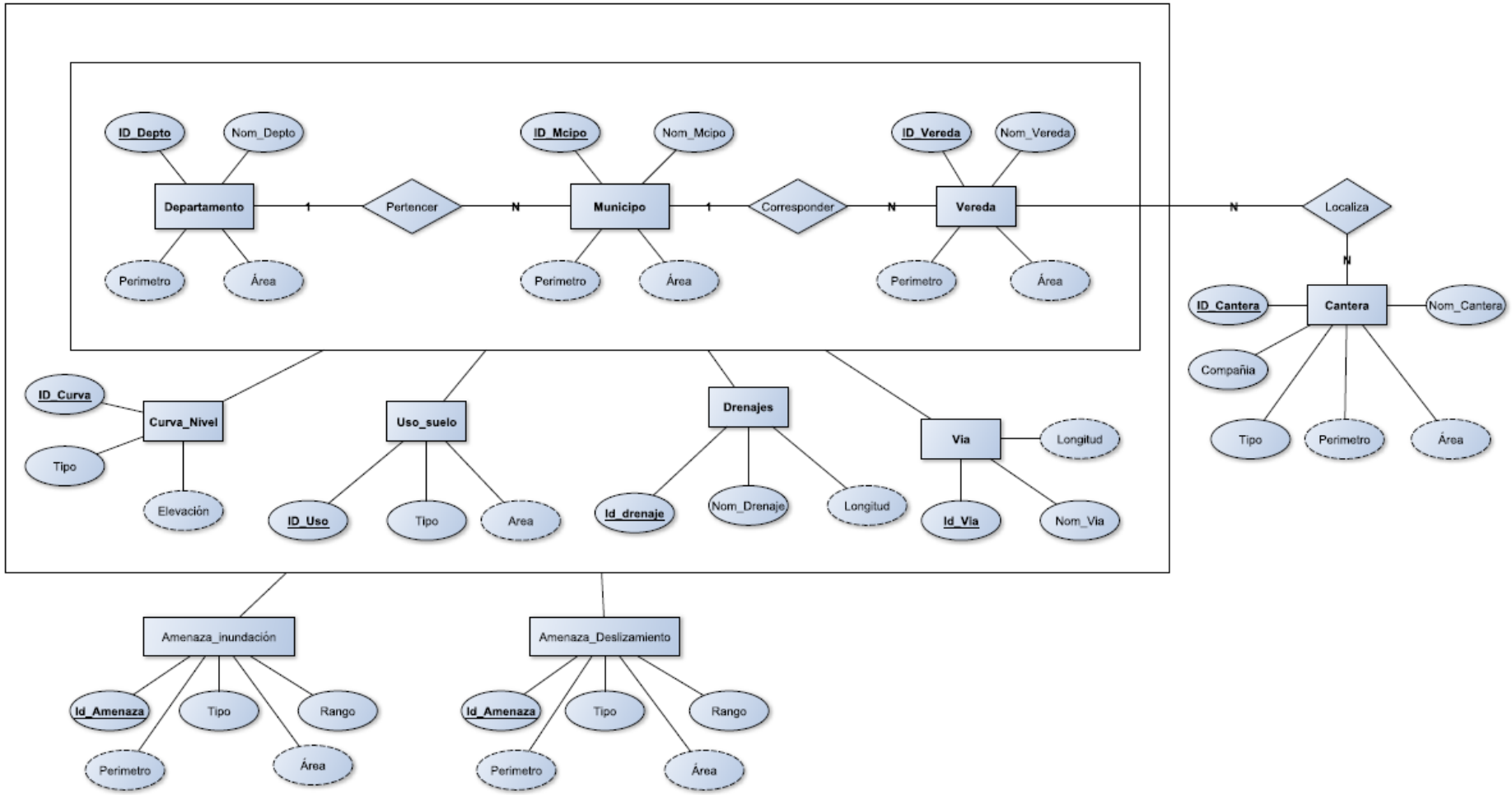


Figura 26. Diagrama general Entidad – Relación
Fuente: Michael Bulla y Ricardo Cantor

9.3 MODELO LÓGICO

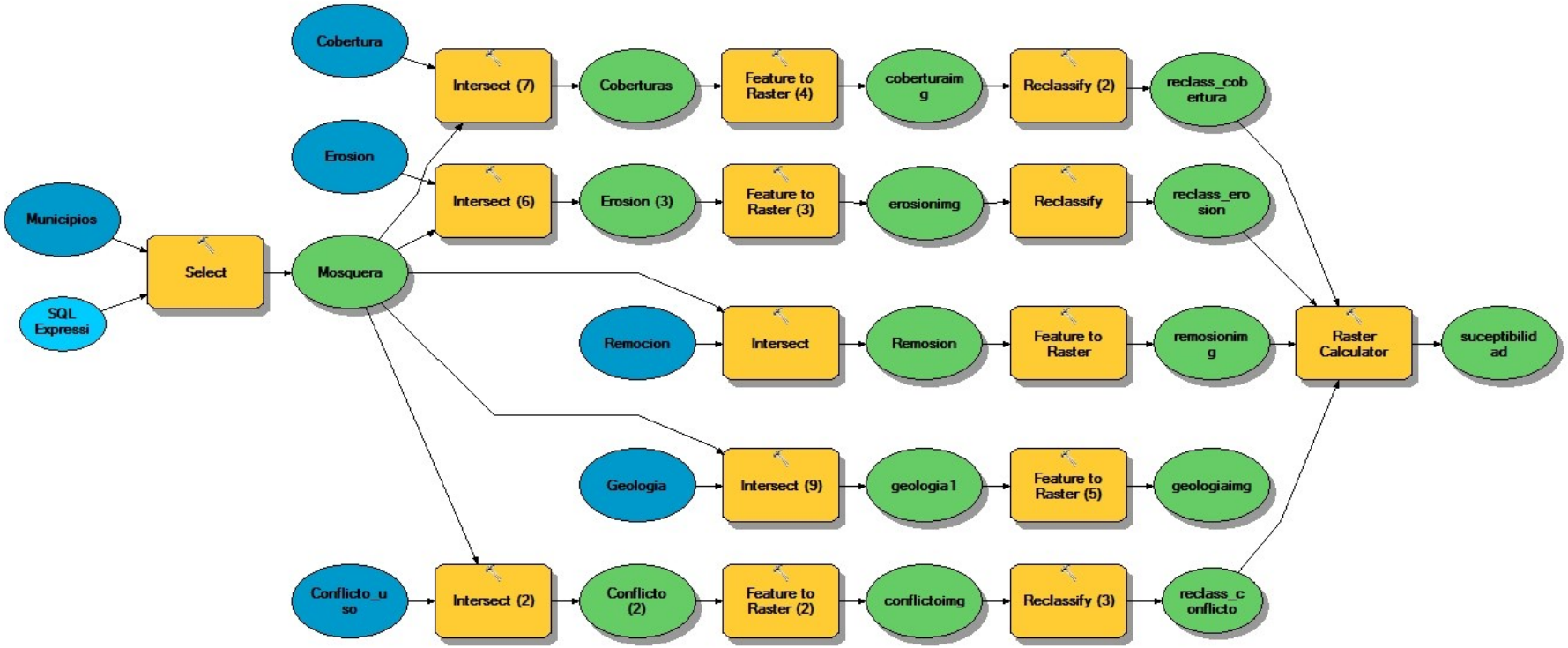


Figura 5. Esquema modelo lógico en ModelBuilder
Fuente: Michael Bulla y Ricardo Cantor

9.4 MODELO FÍSICO

En este modelo se describe la manera que va a ser llevado a cabo la implementación del sistema de información geográfico.

9.4.1 ELECCIÓN DEL SOFTWARE

En el desarrollo de una aplicación se requiere generalmente una gran cantidad de programas para realizar la entrada, manipulación análisis y salida de los datos geoespaciales, de acuerdo a la estructura de la información empleada.

Las funciones que se tuvieron en cuenta en la elección del software para el montaje y desarrollo de la aplicación SIG son:

- El sistema operativo más adecuado
- La forma en que se van a ser ingresados los datos (digitalización de planchas, escaneo de mapas o fotos o la separación de colores)
- El integrador de la base de datos para el intercambio de la información
- El análisis de los datos vectoriales
- La construcción de la topología
- Los tipos de análisis requeridos para la aplicación (superposiciones, consultas, filtros, buffering, entre otros)
- La conversión de información de una estructura a otra.
- El procesamiento de la información
- La representación grafica
- La salida de la información

9.4.2 BASE DE DATOS GEOGRÁFICA

Los SIG están conformados por una base de datos geográfica, la cual es una colección de datos acerca de objetos localizados en una determinada área de interés en la superficie de la tierra, organizados en una forma tal que puede servir eficientemente a una o varias aplicaciones; las funciones necesarias para una base de datos de este tipo son:

- La ausencia de redundancia en la información
- El mantenimiento adecuado y oportuno de la información
- La existencia de un sistema de administración de base de datos
- Seguridad

- Contar con metadatos

La eficiencia está determinada por los diferentes tipos de datos almacenados en diferentes estructuras. El vínculo entre las diferentes estructuras se obtiene mediante el campo clave.

Los atributos son guardados en archivos y manejados por el software de un sistema SIG. Los objetos geográficos son organizados por temas de información o capas de información, llamadas también niveles. Aunque los puntos, líneas y polígonos pueden ser almacenados en niveles separados, lo que permite la agrupación de la información en temas son los atributos no gráficos. Los elementos simplemente son agrupados por lo que ellos representan. Así por ejemplo, en una categoría dad, ríos y carreteras aun siendo ambos objetos línea, están almacenados en distintos niveles por cuanto sus atributos son diferentes.

A las diversas entidades universales, se les puede asignar atributos y almacenar estos en una base de datos descriptiva o alfanumérica para tales propósitos.

Para que el diseño de la base de datos sea el adecuado es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tener claro cuál va a ser el contenido de la base de datos
- Seleccionar la estructura más adecuada para la base de datos
- Realizar un control a los procesos de mantenimiento y actualización de la base de datos
- Operación diaria

Además es importante considerar el volumen de la información, la velocidad de la información y los medios de almacenamiento, así como la manera en que se va a realizar la partición de los datos, los estándares de calidad y exactitud del formato utilizado. La disponibilidad de los datos, definir prioridades y la manera en que se va a adquirir la información deben ser programados.

9.4.3 BASE DE DATOS GRAFICA

Se trabaja sobre la totalidad del territorio que se va a emplear en este caso la zona de influencia directa del proyecto vial, generalmente se utiliza una plataforma CAD para digitalizar la información necesaria en el cual se localizan entre otra la subdivisión en parcelas rurales, localización de sectores urbanos y accidentes geográficos principales representados por curvas de nivel y demás elementos del paisaje o zonificación de importancia que se requieren para el

estudio. Es también necesario tener en cuenta la escala que se va a trabajar dependiendo de la información que se va a analizar.

9.4.4 BASE DE DATOS ALFANUMÉRICA

La base de datos alfanumérica se construye a partir de información primaria producida como atributos de cada unidad espacial establecida (sea un polígono, línea o punto). Esta información primaria se obtiene por medio de personal especializado de acuerdo a lo definido en los requerimientos se busca el personal y las fuentes de información idóneos para conformar la base de datos. La idea es incorporar todos aquellos datos básicos que no es posible dibujarlos con información secundaria que pertenezca a una entidad y tenga atributos que se desplieguen como metadatos.

9.5 INTEGRACIÓN DE LAS BASES DE DATOS

Seguido a la información constituida en los modelamientos de información, se procede a nutrir mediante información alfanumérica que es priorizada para la implementación final, además paralelamente se va levantando, sistematizando y procesando los requerimientos para la información de característica secundaria. Al vincular estas variables en el ordenador, se procede a realizar el aplicativo debemos tener en cuenta que la buena constitución de la información traduce el éxito de la misma, por lo tanto se verifica que las reglas topológicas estén bien constituidas y coincida con la información que esté en la base de datos, con el objetivo de plantear información resultante como tablas o consultas que sirvan para hacer un óptimo análisis de la información.

9.5.1 TOPOLOGÍA

Se definen varios apartados para tener un buen procedimiento sistemático al realizar la topología de los elementos.

La determinación de las relaciones espaciales, entre los diferentes elementos del mundo real que se verán reflejados en el ordenador, a su vez se sincroniza la información con el modelo de datos estableciendo la geometría que tiene el objeto (punto, línea o polígono), se realiza una matriz de las relaciones espaciales que tiene cada uno de ellos, seleccionamos el grupo temático a trabajar y una variable muy importante es que se deben tener en cuenta las reglas topológicas a la hora de definir la geometría del mismo objeto.

10 METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO

Para el modelamiento de los datos geográficos que son considerados como pertinentes en la evaluación del Plan de Manejo Ambiental y ser representados de forma coherente se utiliza como base los fundamentos de la topología espacial y de esta forma poder relacionar espacialmente el contenido gráfico de los datos considerados, para el desarrollo de este proceso se utiliza la aplicación ModelBuilder la cual es considerada como el método más efectivo para este tipo de tareas.

10.1 MODELBUILDER

"ModelBuilder es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocesamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. ModelBuilder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo.

ModelBuilder es muy útil para construir y ejecutar flujos de trabajo sencillos, pero también proporciona métodos avanzados para ampliar la funcionalidad de ArcGIS, ya que permite crear y compartir los modelos a modo de herramienta." [1] (ESRI, 2012)

10.1.1 CREACIÓN DE MODELO

Al implementar la aplicación ModelBuilder como ambiente de programación visual se identifica en primera instancia las variables que se relacionaran por medio de las herramientas que posee el software ArcGIS, dichas variables son las siguientes:

- Municipios
- Cobertura
- Erosión
- Conflicto de Usos
- Remoción
- Geología

[1] (ESRI, 2012)

Estos elementos del modelo son las variables que se catalogan como Datos llamados por la aplicación Project Data.

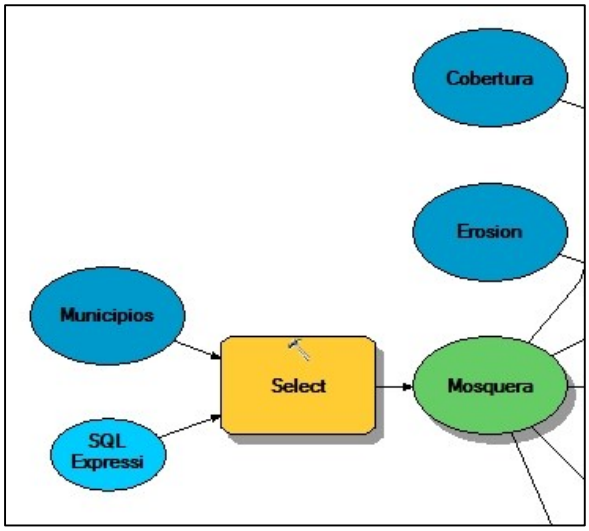


Ilustración 6 Ejemplo relación variables proyecto El Pencal

Dado por hecho la identificación de los datos a utilizar como alimento principal del aplicativo que en este caso es información digital grafica en formato de shape (.shp) se procede a encadenarlos con herramientas del sistema, dependiendo del producto que se quiere después del proceso. En el desarrollo de la herramienta SIG que se quiere generar en este caso para la evaluación del Plan de Manejo Ambiental de mina El Pencal se registran los siguientes procesos:

- Select (Selección)
- Intersect
- Feature to Raster
- Reclassify
- Raster Calculator

De esta forma y aplicando la conexión debida basando este tipos de procesos en la lógica Booleana la cual consiste en la definición de formas por intersección entre grupos de información con datos congruentes.

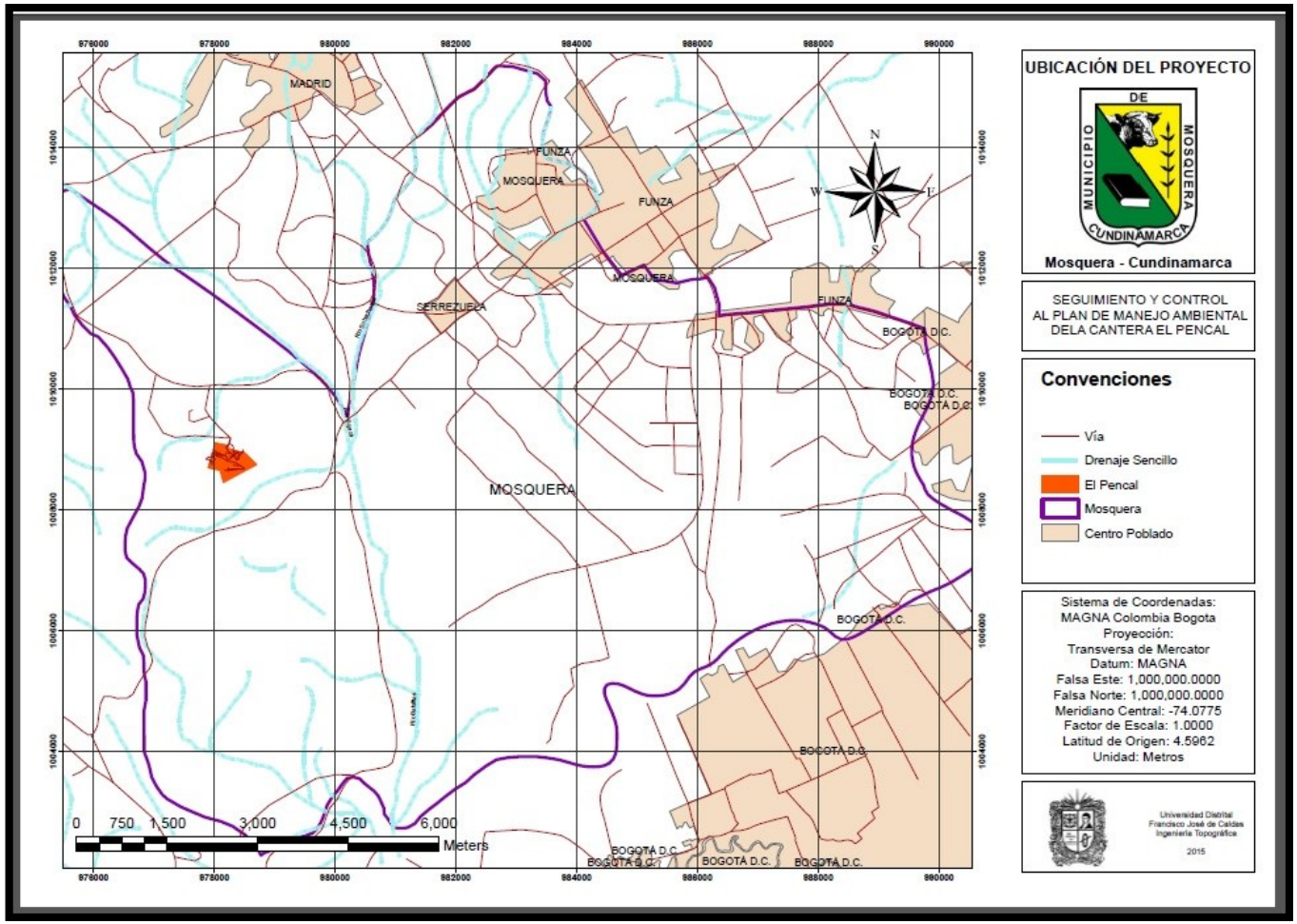
11 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

El procedimiento y selección de la información genera una serie de observaciones como calidad en los datos, ruido en los procesos, eficiencia y eficacia de dichos procesos, se encuentra que para proyectos de pequeña envergadura es necesario determinar en la generación de Raster el tamaño de pixel para que la intersección de información sea selectiva y puntual, este aspecto a tomar en cuenta se ve reflejado al generar cálculos entre los Raster reclasificados durante el desarrollo del aplicativo, esto con el fin de que el resultado sea un producto de calidad.

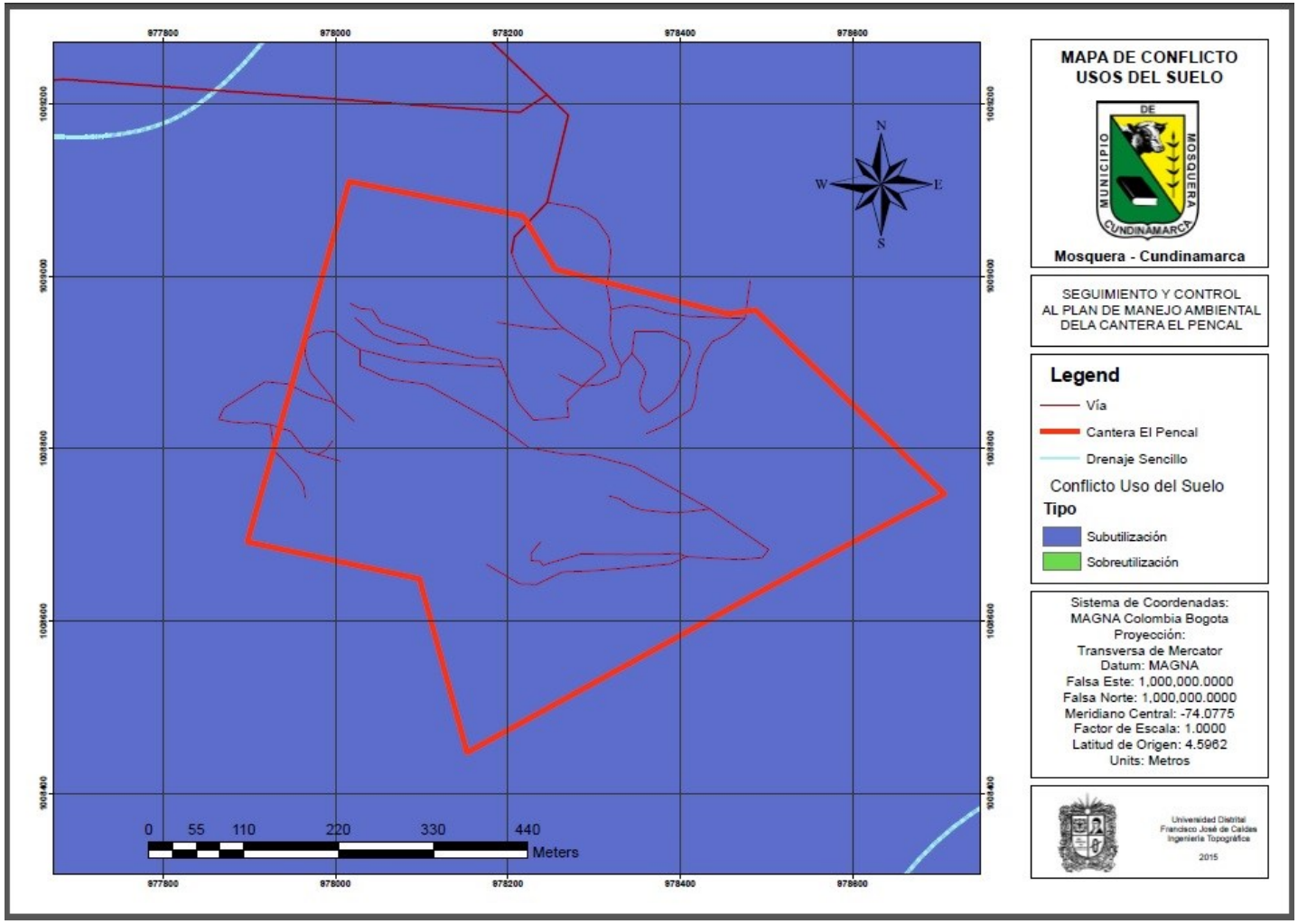
Al estudiar el análisis de resultados arrojó los mapas de las consultas que se le dieron a las bases de datos elaboradas anteriormente, mediante la correlación entre las bases de datos y los mapas cartográficos trabajados para la creación de la herramienta SIG como el mapa de ubicación de la cantera, las guías ambientales de la misma y la base de datos para determinar las consultas que arrojaran los mapas de la interrelación de estos.

A continuación se muestran los mapas que dio como resultado el proceso de la herramienta SIG, elaborada con el fin de optimizar el seguimiento del Plan de Manejo Ambiental a la cantera “El Pencal”.

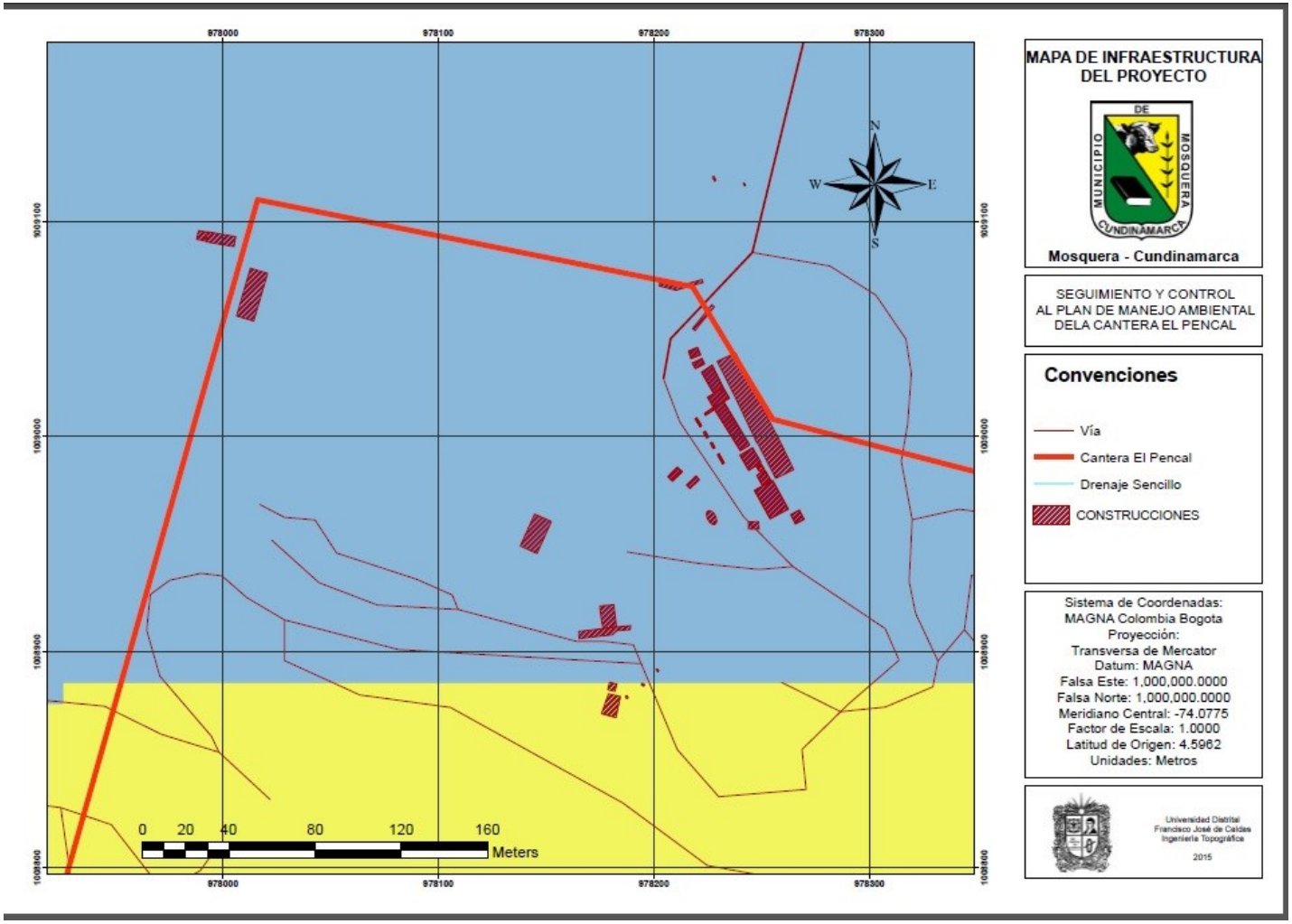
11.1 MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



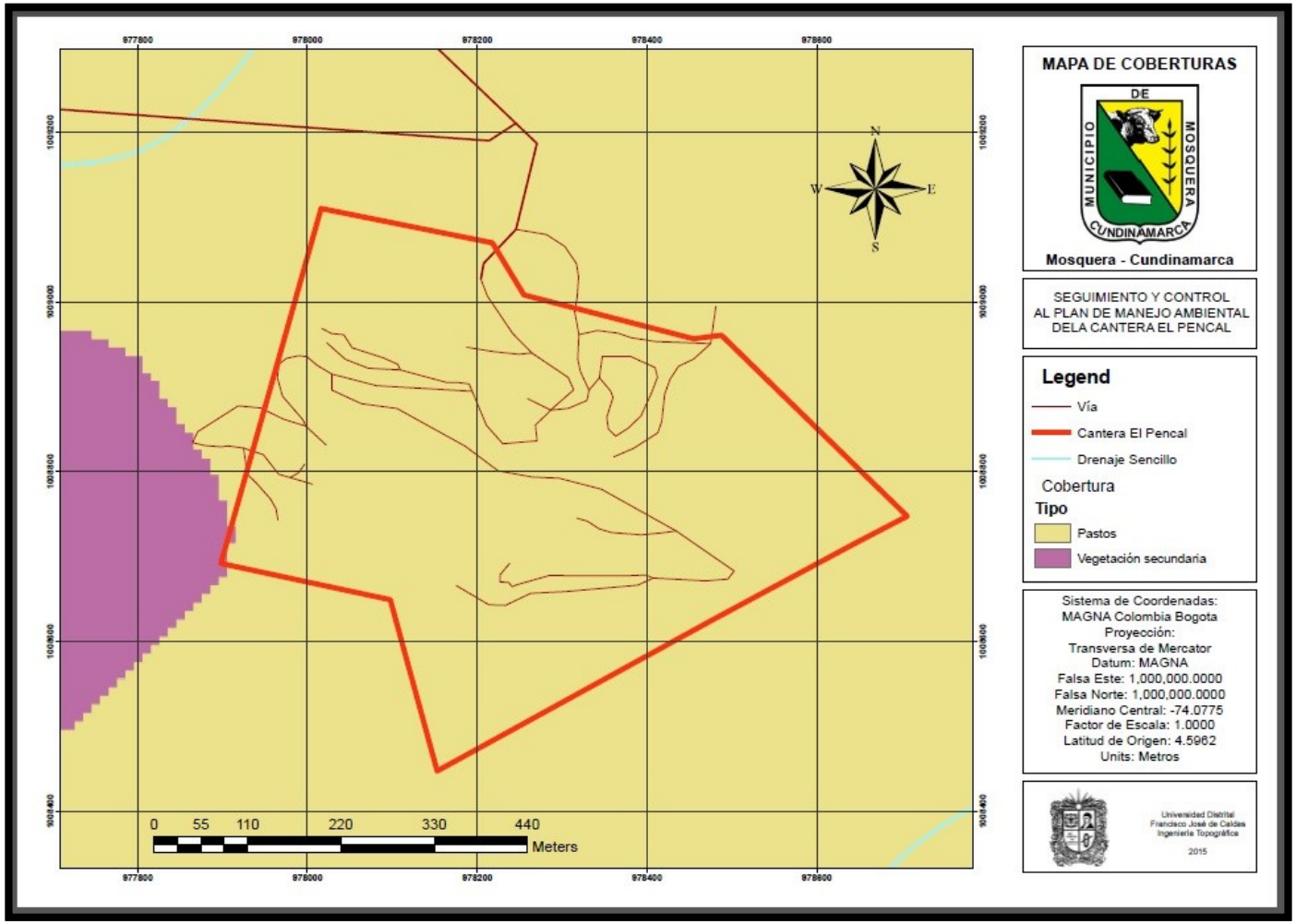
11.2 MAPA DE CONFLICTOS



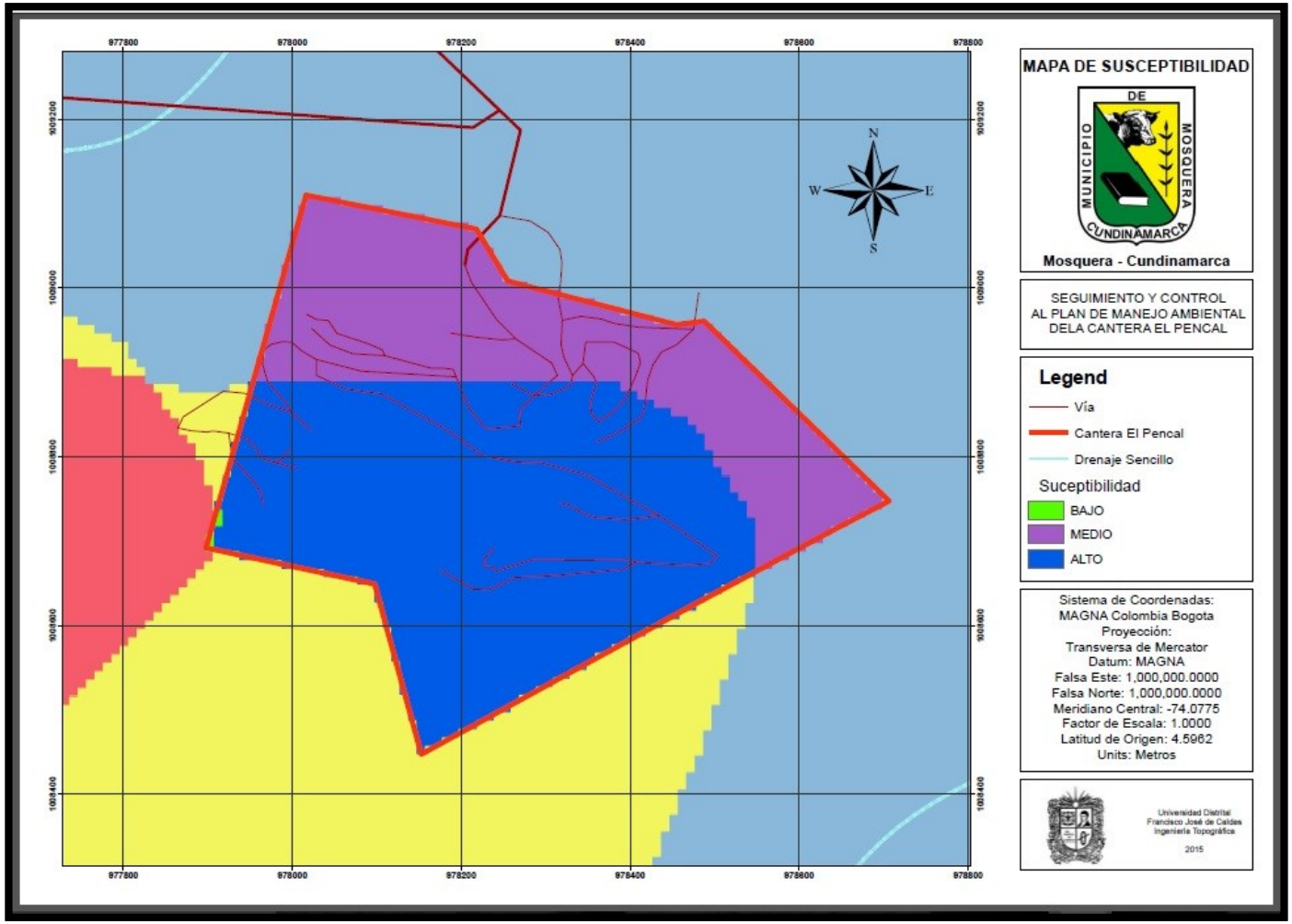
11.3 MAPA DE INFRAESTRUCTURA DEL PROYECTO



11.4 MAPA DE COBERTURAS VEGETALES



11.5 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DEL AREA DELPROYECTO



12 CONCLUSIONES

- La normatividad ambiental es la guía principal para la determinación de variables a evaluar en un plan de manejo ambiental de una mina a cielo abierto, pues de esta se desprenden los aspectos a prevenir, mitigar y/o corregir con los que se trabajaran por medio de los términos de referencia, así que es importante resaltar que lo más importante son los procesos técnicos de los Sistemas de Información Geográfica a los conceptos legislativos, pues este es un sector tan vulnerable como el tratamiento del medio ambiente.

- Puntualizando la importancia que tienen las aplicaciones SIG en todos los ámbitos del día a día, se ha podido establecer la facilidad para relacionar los aspectos contenidos dentro de la gestión ambiental, y de esta forma hacer más eficiente y eficaz los procesos de evaluación ambiental en minas de explotación de agregados pétreos.

- La estructuración de la aplicación SIG requiere un concepto técnico y ambiental para permitir el seguimiento y control a planes de manejo ambiental de un proyecto de explotación minera, consideraciones de tipo lógico para relacionar de manera más productiva el desarrollo del objeto principal del estudio, y plantearlo en el modelo conceptual, entidad-relación, y físico de forma coherente con el mundo real.

- El uso de la aplicación SIG ofrece una evaluación más minuciosa del PMA en los proyectos de minería a cielo abierto, a la vez que facilita realizar el seguimiento de las variables de forma más controlada, gracias a la visibilidad apreciada en los productos cartográficos a medida que se desarrolla el proyecto de explotación de los materiales.

- Los resultados cartográficos de la aplicación SIG muestran un importante avance para el desarrollo del plan de manejo ambiental del proyecto, y a su vez esta permite analizar las falencias que se presentan, y el lugar donde se deben destinar los esfuerzos para controlar la problemática medio ambiental que se esté provocando.

- Las variables que presenta un plan de manejo ambiental son diversas y son insumo principal para realizar el seguimiento y control, de ahí se deben establecer parámetros de medición para comprender el resultado que se describe en la zona, realizando la actividad compensatoria según sea el impacto.

- El diseño del aplicativo debe estar enfocado principalmente en identificar las fallas que está presentando el plan de manejo ambiental del proyecto desarrollado, para generar las alternativas de solución a dicha problemática, y por medio de las consultas formuladas en la aplicación SIG se muestra posteriormente la respuesta a las incógnitas que se generan en el proceso de producción de la cantera para conocer dónde se cumple o no se cumple con el parámetros del Plan de Manejo Ambiental.

- La aplicación SIG se caracteriza por su volubilidad la cual se adjudica a la relación que se planteó entre los parámetros presentes en el modelamiento sintetizado para el aplicativo y lo versátil para dar una pronta solución a los problemas de seguimiento y control del plan de manejo ambiental, todo esto gracias a las múltiples operaciones que ofrece el programa ArcGIS.

13 BIBLIOGRAFIA

Referencias

Colombia, E. C. (15 de Agosto de 2001). *Ley 685 de 2001.* Recuperado el 2013, de Ley 685 de 2001: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9202

ESRI. (07 de Noviembre de 2012). *ArcGIS Resource Center*. Obtenido de ESRI: http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//002w000000100000

LLera, A. C. (2008). *Diseño y programacion de Bases de Datos.* Madrid, España: Vision Libros.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, Resolución 18 0861 (05 de Junio de 2012).

Mundial, B. (1991). *Libro de consulta para evaluación ambiental.* Todo el mundo: Banco Mundial.

Salvador, L. G. (2010). *http://eprints.ucm.es/9445/1/MemoriaEIA09.pdf.* Obtenido de http://eprints.ucm.es/9445/1/MemoriaEIA09.pdf: http://eprints.ucm.es/9445/1/MemoriaEIA09.pdf

Banco Mundial, D. d. (1991). *Libro de consultas para evaluacion ambiental.* Washington DC, EEUU: Library of Congress Cataloging in Publication.

Barragan G, I. J. (17 de Noviembre de 2007). *TALLER DE CAPACITACIÓN PARA ADMINISTRADORES Y TRABAJADORES DE CANTERAS.* Recuperado el Septiembre de 2013, de EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO de Materiales de Construcción: http://www.aimecuador.org/capacitacion_archivos_pdf/Explotaci%C3%B3n%20de%20canteras.pdf

Colombia, E. C. (15 de Agosto de 2001). *Ley 685 de 2001.* Recuperado el 2013, de Ley 685 de 2001: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9202

Corporinoquia. (5 de Agosto de 2009). *www.corporinoquia.gov.co.* Recuperado el 23 de Febrero de 2013, de http://corponarino.gov.co/expedientes/documentacion/ayudaa/mineria.pdf

Costa, D. C. (2009). *Introduccion al diseño de bases de datos.* Barcelona, España: Editorial UOC.

Gomez Orea, D. (1999). *Evaluacion del impacto ambiental, un instrumento preventivo para la gestion ambiental.* Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Herrera Herbert, J. (Octubre de 2006). *MÉTODOS DE MINERÍA A CIELO ABIERTO.* Recuperado el Septiembre de 2013, de Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de

Ingenieros de Minas: http://es.scribd.com/doc/29042655/Metodos-de-Mineria-a-Cielo-Abierto

Ley Federal de Proteccional Ambiente. (1982).

Ley General del Equilibrio Ecologico y la Proteccion al Ambiente. (1988).

LLera, A. C. (2008). *Diseño y programacion de Bases de Datos.* Madrid, España: Vision Libros.

Ministerio de ambiente, v. y. (2010). *Articulo 2820.* Bogota, Colombia: Constitucion politica de la republica de Colombia.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. (2001). *TERMINOS DE REFERENCIA - Los trabajos de exploración y programa de trabajos y obras para materiales y minerales distintos del espacio y fondo marino.* Bogota DC - Colombia.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, M. D. (2002). *GUIA MINERO AMBIENTAL.* Bogota DC - Colombia.

Miranda, J. J. (2012). *Evaluacion Ambiental de Proyectos.* Recuperado el 02 de 04 de 2013, de http://antioquia.gov.co/antioquia-v1/organismos/planeacion/descargas/banco_proyectos/libro/11_evaluacion_ambiental.pdf

Parra Sanchez, R. H. (1997). *Sistemas de Informacion Geografica (SIG): Base de la gestion ambiental.* Medellin, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Salvador, A. G. (2010). Evaluación de impacto ambiental. En A. G. Salvador, *Evaluación de impacto ambiental* (pág. 398). Madrid- España: PEARSON EDUCACION S.A.

Storti, G., Rios, G., & Campodonico, G. (2007). *Bases de datos - Modelo Entidad Relación.* Recuperado el 2013, de Bases de datos E-R: http://www.belgrano.esc.edu.ar/matestudio/carpeta_de_access_introduccion.pdf