

LICENCIATURA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Experiencia Profesional

“Experiencia profesional en una Empresa enfocada a proyectos de investigación y consultoría ambiental”

BRENDA MARÍA BRITO GONZÁLEZ

208204503

Nombre de la Empresa: Centro Científico Sustentable, S.C.

M. en C. Jorge Escobar Martínez

Jefe Directo

Trimestre 19-P

Noviembre 2019

Índice

I. Descripción de la empresa	1
II. Descripción técnica de actividades	3
III. Relación de proyectos.....	5
III.1 Proyecto Minero, La Paz Baja California Sur.....	5
III.1.1 Estimación de los contaminantes por actividad	5
III.1.1.1 Desmante de terreno natural.....	5
III.1.1.2 Movimiento de material pétreo (carga y descarga).....	6
III.1.1.3 Tráfico de maquinaria y vehículos transitados en caminos no pavimentados.....	8
III.1.1.4 Combustión de combustibles fósiles en motores de combustión interna	11
III.1.1.5 Detonación de explosivos	12
III.1.2 Modelación de contaminantes.....	13
III.1.2.1 Desmante del terreno natural.....	13
III.1.2.2 Movimiento de material pétreo (carga y descarga).....	15
III.1.2.3 Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados	16
III.1.3 Mapas y resultados.....	20
III.1.4 Conclusiones y recomendaciones.....	22
III.2 Proyecto minero, Asientos Aguascalientes	23
III.2.1 Actividades riesgosas	23
III.2.2 Descripción de modelo de simulación	25
III.2.3 Descripción de escenarios y modelaciones.....	25
III.2.3.1 Formación de nube tóxica de ácido cianhídrico (HCN)	25
III.2.3.2 Dispersión de ácido nítrico (HNO ₃)	27
III.2.3.3 Modelación de Gas L.P.	30
III.2.3.4 Accidente por Diésel	34
III.2.4 Mapas y resultados.....	39
III.2.5 Conclusiones y recomendaciones.....	43
IV. Resultados generales.....	45
V. Bibliografía	46
VI. Anexos.....	48
Anexo I. Cálculos de distancias y viajes de la maquinaria para carga y descarga de material	48
Anexo II. Cálculo de razón de emisión para el desmante del terreno natural	49
Anexo III. Cálculo de razón de emisión para el movimiento de material pétreo (carga y descarga)	50
Anexo IV. Cálculo de razón de emisión para el tráfico de maquinaria y vehículos transitados en caminos no pavimentados	50

Índice de Figuras

FIGURA I. 1 LOGOS DE EMPRESAS E INSTITUCIONES	2
FIGURA II.1 ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN EL ÁREA ANÁLISIS DE PROYECTOS	3
FIGURA III.1.1 TRACTOR DE CADENAS D9T	9
FIGURA III.1.3 DESMONTE DE TERRENO NATURAL. ESCENARIO PROMEDIO	21
FIGURA III.1.4 MOVIMIENTO DE MATERIALES	21
FIGURA III.1.5 TRÁFICO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS. PM-2.5.....	22
FIGURA III.1.6 TRÁFICO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS. PM-10.....	22
FIGURA III.1.7 TRÁFICO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS. PST	22
FIGURA III.2.1 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 PARA FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA DE ÁCIDO CIANHÍDRICO	26
FIGURA III.2.2 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 PARA ÁCIDO NÍTRICO POR FUGA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.	28
FIGURA III.2.3 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 PARA ÁCIDO NÍTRICO POR DERRAME DE MATERIAL EN FUENTE DIRECTA	29
FIGURA III.2.4 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 PARA GAS L.P. POR INCENDIO TIPO BLEVE	31
FIGURA III.2.5 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 PARA GAS L.P. POR INCENDIO TIPO JET FIRE	32
FIGURA III.2.6 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 PARA GAS L.P. POR EXPLOSIÓN NO CONFINADA.....	33
FIGURA III.2.7 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 PARA GAS L.P. POR ÁREA DE LA NUBE DE GAS	34
FIGURA III.2.8 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 PARA DIÉSEL POR INCENDIO TIPO POOL FIRE EN TANQUE DE 60 M ³	35
FIGURA III.2.9 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 POR FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA DE DIÉSEL.....	36
FIGURA III.2.10 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 PARA DIÉSEL POR INCENDIO TIPO BLEVE EN TANQUE DE 15 M ³ ..	37
FIGURA III.2.11 CORRIDA EN ALOHA 5.4.5 PARA DIÉSEL POR INCENDIO TIPO BLEVE EN TANQUES DE 65 M ³ Y 15 M ³	38
FIGURA III.2.12 FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA DE ÁCIDO CIANHÍDRICO	41
FIGURA III.2.13 ÁCIDO NÍTRICO POR FUGA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO	41
FIGURA III.2.14 ÁCIDO NÍTRICO POR DERRAME DE MATERIAL	42
FIGURA III.2.15 GAS L.P. POR INCENDIO TIPO BLEVE	42
FIGURA III.2.16 GAS L.P. POR INCENDIO TIPO JET FIRE	42
FIGURA III.2.17 GAS L.P. POR EXPLOSIÓN NO CONFINADA.....	42
FIGURA III.2.18 GAS L.P. POR ÁREA DE LA NUBE DE GAS	42
FIGURA III.2.19 DIÉSEL POR INCENDIO TIPO POOL FIRE EN TANQUE DE 60 M ³	42
FIGURA III.2.20 FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA DE DIÉSEL.....	43
FIGURA III.2.21 DIÉSEL POR INCENDIO TIPO BLEVE EN TANQUE DE 15 M ³	43
FIGURA III.2.22 DIÉSEL POR INCENDIO TIPO BLEVE EN TANQUES DE 60 M ³ Y 15 M ³	43

Índice de Tablas

TABLA III.1.1 CONTAMINANTES POR ACTIVIDAD	5
TABLA III.1.2 ÁREAS DESMONTADAS PARA LA OPERACIÓN DE LA MINA CONSIDERANDO UN TIEMPO DE OPERACIÓN DE 9 AÑOS	5
TABLA III.1.3 ESTIMACIÓN DE PST GENERADAS POR EL DESMONTE DEL TERRENO NATURAL CONSIDERANDO UN TIEMPO DE OPERACIÓN DE 9 AÑOS	6
TABLA III.1.4 ESTIMACIÓN DE PST GENERADAS POR EL MOVIMIENTO DE MATERIAL PÉTREO (CARGA Y DESCARGA) CONSIDERANDO UN TIEMPO DE OPERACIÓN DE 9 AÑOS	8
TABLA III.1.5 CONSTANTES EMPÍRICAS PARA LA ECUACIÓN III.1.3.....	8
TABLA III.1.6 PARÁMETROS UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE EMISIÓN	9

TABLA III.1.7 FACTORES DE EMISIÓN CORRESPONDIENTES A CADA MAQUINARIA Y VEHÍCULO INVOLUCRADO EN LAS TRES ACTIVIDADES GENERADORES DE PARTÍCULAS DURANTE EL TRÁFICO DE MAQUINARIA Y EQUIPO EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS.....	10
TABLA III.1.8 ESTIMACIÓN DE PST, PM-10 Y PM-2.5 GENERADAS POR EL TRÁFICO DE LOS TRACTORES DE CADENAS EN EL INTERIOR DE LA MINA (TAJO) PARA CARGAR MATERIAL PÉTREO A LOS CAMIONES DE VOLTEO, CONSIDERANDO UN TIEMPO DE 9 AÑOS	10
TABLA III.1.9 ESTIMACIÓN DE PST, PM-10 Y PM-2.5 GENERADAS POR EL TRÁFICO DE CAMIONES DE VOLTEO CARGADOS DE MATERIAL PÉTREO DE LA MINA (TAJO) A LAS PLANTAS Y/O TEPETATERAS, CONSIDERANDO UN TIEMPO DE 9 AÑOS	11
TABLA III.1.10 ESTIMACIÓN DE PST, PM-10 Y PM-2.5 GENERADAS POR EL TRÁFICO DE CAMIONES DE VOLTEO VACÍOS QUE VIENEN DE LAS PLANTAS Y/O TEPETATERAS A LA MINA (TAJO), CONSIDERANDO UN TIEMPO DE 9 AÑOS	11
TABLA III.1.11 FACTORES DE EMISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN INTERNA	11
TABLA III.1.12 ESTIMACIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN INTERNA GENERADOS POR COMBUSTIBLES FÓSILES (DIÉSEL) CON UN TIEMPO DE OPERACIÓN DE 9 AÑOS.....	12
TABLA III.1.13 FACTORES DE EMISIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE GASES POR EXPLOSIONES	12
TABLA III.1.14 ESTIMACIÓN DE GASES GENERADOS POR LA DETONACIÓN DE EXPLOSIVOS CONSIDERANDO UN TIEMPO DE OPERACIÓN DE 9 AÑOS	12
TABLA III.1.15 DATOS DE ENTRADA AL MODELO SCREEN VIEW 3.0.0 PARA LA ACTIVIDAD DE DESMONTE DE TERRENO ESCENARIO PROMEDIO	13
TABLA III.1.16 DATOS DE ENTRADA AL MODELO SCREEN VIEW 3.0.0 PARA LA ACTIVIDAD DE MOVIMIENTO DE MATERIAL PÉTREO (CARGA Y DESCARGA).....	15
TABLA III.1.17 DATOS DE ENTRADA AL MODELO SCREEN VIEW 3.0.0 PARA LA ACTIVIDAD DE TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS.....	16
TABLA III.1.18 LMP DE PST CORRESPONDIENTE AL DESMONTE DE TERRENO NATURAL. ESCENARIO PROMEDIO.....	20
TABLA III.1.19 LMP DE PST CORRESPONDIENTE AL MOVIMIENTO DE MATERIALES.....	20
TABLA III.1.20 LMP DE PM-2.5 CORRESPONDIENTE AL TRÁFICO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS.....	20
TABLA III.1.21 LMP DE PM-10 CORRESPONDIENTE AL TRÁFICO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS.....	20
TABLA III.1.22 LMP DE PST CORRESPONDIENTE AL TRÁFICO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS	21
TABLA III.2.2 RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS ALTAMENTE PELIGROSAS	24
TABLA III.2.3 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ALOHA 5.4.5. PARA TODOS LOS ESCENARIOS.....	25
TABLA III.2.4 EVENTOS OBTENIDOS DE LOS ANÁLISIS HAZOP Y “QUÉ PASA SÍ”	25
TABLA III.2.5 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ALOHA 5.4.5 PARA LA FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA DE ÁCIDO CIANHÍDRICO	26
TABLA III.2.6 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ALOHA 5.4.5 PARA ÁCIDO NÍTRICO POR FUGA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO	27
TABLA III.2.7 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ALOHA 5.4.5 PARA ÁCIDO NÍTRICO POR DERRAME DE MATERIAL EN FUENTE DIRECTA.....	29
TABLA III.2.8 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ALOHA 5.4.5 PARA GAS L.P.	30
TABLA III.2.9 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ALOHA 5.4.5 PARA DIÉSEL.....	34
TABLA III.2.10 ZONAS DE AMENAZA POR LA FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA DE ÁCIDO CIANHÍDRICO	39
TABLA III.2.11 ZONAS DE AMENAZA PARA ÁCIDO NÍTRICO POR FUGA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO .	39
TABLA III.2.12 ZONAS DE AMENAZA PARA ÁCIDO NÍTRICO POR DERRAME DE MATERIAL EN FUENTE DIRECTA	40
TABLA III.2.13 ZONAS DE AMENAZA PARA GAS L.P. POR INCENDIO TIPO BLEVE.....	40
TABLA III.2.14 ZONAS DE AMENAZA PARA GAS L.P. POR INCENDIO TIPO JET FIRE.....	40
TABLA III.2.15 ZONAS DE AMENAZA PARA GAS L.P. POR EXPLOSIÓN NO CONFINADA	40

TABLA III.2.16 ZONAS DE AMENAZA PARA GAS L.P. POR ÁREA DE LA NUBE DE GAS	40
TABLA III.2.17 ZONAS DE AMENAZA PARA DIÉSEL POR INCENDIO TIPO POOL FIIRE EN TANQUE DE 60 M ³ ...	41
TABLA III.2.18 ZONAS DE AMENAZA POR FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA DE DIÉSEL	41
TABLA III.2.19 ZONAS DE AMENAZA PARA DIÉSEL POR INCENDIO TIPO BLEVE EN TANQUE DE 15 M ³	41
TABLA III.2.20 ZONAS DE AMENAZA PARA DIÉSEL POR INCENDIO TIPO BLEVE EN TANQUES DE 60 M ³ Y 15 M ³	41

Índice de Gráficas

GRÁFICA III.1.1 ESTABILIDAD A. DESMONTE DE TERRENO NATURAL. ESCENARIO PROMEDIO	14
GRÁFICA III.1.2 ESTABILIDAD B. DESMONTE DE TERRENO NATURAL. ESCENARIO PROMEDIO	14
GRÁFICA III.1.3 ESTABILIDAD C. DESMONTE DE TERRENO NATURAL. ESCENARIO PROMEDIO	14
GRÁFICA III.1.4 ESTABILIDAD D. DESMONTE DE TERRENO NATURAL. ESCENARIO PROMEDIO	14
GRÁFICA III.1.5 ESTABILIDAD E. DESMONTE DE TERRENO NATURAL. ESCENARIO PROMEDIO	15
GRÁFICA III.1.6 ESTABILIDAD F. DESMONTE DE TERRENO NATURAL. ESCENARIO PROMEDIO	15
GRÁFICA III.1.7 ESTABILIDAD A. MOVIMIENTO DE MATERIAL PÉTREO (CARGA Y DESCARGA)	15
GRÁFICA III.1.8 ESTABILIDAD B. MOVIMIENTO DE MATERIAL PÉTREO (CARGA Y DESCARGA)	15
GRÁFICA III.1.9 ESTABILIDAD C. MOVIMIENTO DE MATERIAL PÉTREO (CARGA Y DESCARGA)	16
GRÁFICA III.1.10 ESTABILIDAD D. MOVIMIENTO DE MATERIAL PÉTREO (CARGA Y DESCARGA)	16
GRÁFICA III.1.11 ESTABILIDAD E. MOVIMIENTO DE MATERIAL PÉTREO (CARGA Y DESCARGA)	16
GRÁFICA III.1.12 ESTABILIDAD F. MOVIMIENTO DE MATERIAL PÉTREO (CARGA Y DESCARGA)	16
GRÁFICA III.1.13 ESTABILIDAD A. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PST	17
GRÁFICA III.1.14 ESTABILIDAD B. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PST	17
GRÁFICA III.1.15. ESTABILIDAD C. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PST	17
GRÁFICA III.1.16 ESTABILIDAD D. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PST	17
GRÁFICA III.1.17 ESTABILIDAD E. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PST	17
GRÁFICA III.1.18 ESTABILIDAD F. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PST	17
GRÁFICA III.1.19 ESTABILIDAD A. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PM-10	18
GRÁFICA III.1.20 ESTABILIDAD B. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PM-10	18
GRÁFICA III.1.21 ESTABILIDAD C. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PM-10	18
GRÁFICA III.1.22 ESTABILIDAD D. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PM-10	18
GRÁFICA III.1.23 ESTABILIDAD E. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PM-10	18
GRÁFICA III.1.24 ESTABILIDAD F. TRÁFICO DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA PM-10	18
GRÁFICA III.2.1 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN POR LA FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA DE ÁCIDO CIANHÍDRICO	27

GRÁFICA III.2.2 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN PARA ÁCIDO NÍTRICO POR FUGA EN TANQUE DE ALMACENAMIENTO.....	28
GRÁFICA III.2.3 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN PARA ÁCIDO NÍTRICO POR DERRAME DE MATERIAL EN FUENTE DIRECTA.....	29
GRÁFICA III.2.4 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN PARA GAS L.P. POR INCENDIO TIPO BLEVE.....	30
GRÁFICA III.2.5 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN PARA GAS L.P. POR INCENDIO TIPO JET FIRE.....	31
GRÁFICA III.2.6 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN PARA GAS L.P. POR EXPLOSIÓN NO CONFINADA.....	32
GRÁFICA III.2.7 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN PARA GAS L.P. POR ÁREA DE LA NUBE DE GAS.....	33
GRÁFICA III.2.8 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN PARA DIÉSEL POR INCENDIO TIPO POOL FIRE EN TANQUE DE 60 M ³	36
GRÁFICA III.2.9 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN POR FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA DE DIÉSEL.....	37
GRÁFICA III.2.10 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN PARA DIÉSEL POR INCENDIO TIPO BLEVE EN TANQUE DE 15 M ³	38
GRÁFICA III.2.11 DISTANCIAS DE AFECTACIÓN PARA DIÉSEL POR INCENDIO TIPO BLEVE EN TANQUES DE 60 M ³ Y 15 M ³	39

Índice de Ecuaciones

ECUACIÓN III.1.1.....	6
ECUACIÓN III.1.2.....	7
ECUACIÓN III.1.3.....	7
ECUACIÓN III.1.4.....	8

I. Descripción de la empresa

Centro Científico Sustentable, S.C. “*Ciencia en Movimiento*” (CCS) es una empresa de consultoría e investigación ambiental para la calificación de sustentabilidad de proyectos de desarrollo. Es una empresa mexicana creada en 2012, por especialistas con más de 30 años de experiencia en la realización de proyectos de desarrollo sustentable mediante la investigación práctica y aplicada en la interacción de las áreas ambiental, social y económica.

Está conformada por un grupo interdisciplinario de profesionistas con experiencia en distintas áreas como: Ecología, Biología Marina, Oceanografía, Ingeniería Ambiental, Geografía, Química, Derecho y Gestión Ambiental, Administración Ambiental, Educación Ambiental, Restauración Ambiental, Sociología y Energía.

Objetivo general: *Proponer y desarrollar todo tipo de proyectos que permitan detectar áreas de oportunidad en economías verdes, sustentabilidad, productividad baja en carbono que tenga un efecto positivo en el cuidado de la biodiversidad y el ambiente.*

Objetivos particulares:

- *Brindar un servicio de calidad en la investigación e identificación de problemáticas socio-ambientales y económicas otorgando soluciones viables e integrales.*
- *Consolidar al Centro Científico Sustentable como un instrumento de cambio socio-cultural capaz de inducir nuevas formas de relación con el ambiente.*

Misión: *Crear e implementar proyectos de desarrollo sustentable que generen un cambio positivo integral de los capitales social, económico y ambiental.*

Visión: *Ser el mejor equipo interdisciplinario e innovador en soluciones científicas sustentables.*

Valores:

- *Honestidad*
- *Responsabilidad*
- *Innovación*
- *Respeto*
- *Compromiso*

A continuación, se enlistan algunos de los servicios ambientales que CCS ofrece:

- Prospección de los recursos naturales
- Evaluación de viabilidad ambiental de proyectos de desarrollo
- Estudios de riesgo ambiental
- Estudios de impacto ambiental
- Proyectos de selección de sitio y operación de rellenos sanitarios
- Estudios geohidrológicos
- Auditorías ambientales
- Planes de restauración y rehabilitación de sitios
- Oceanografía física, transporte litoral y batimetría
- Peritajes ambientales
- Planes y programas de contingencias ambientales

En la Figura I.1 se muestran algunos de los logos de las empresas e instituciones a las cuales CCS ha brindado sus servicios:



Figura I. 1 Logos de empresas e instituciones

II. Descripción técnica de actividades

El área en la que me encuentro posicionada en CCS es en Análisis de Riesgo e Impacto Ambiental, el puesto que ocupo es Analista de Proyectos, en el tengo la oportunidad de desarrollar y aplicar diversos temas y conocimientos aprendidos durante mi estancia universitaria.

El servicio ambiental a ejecutar depende del proyecto a estudiar y de la necesidad y giro empresarial del cliente. En términos generales, el procedimiento que se lleva a cabo cuando se va iniciar un trabajo solicitado consiste en entender el proyecto y los procesos a analizar; estas dos características son un parteaguas para poder definir qué tipo de herramienta o información se va a utilizar, posteriormente se comienza con la búsqueda, revisión, selección, organización y solicitud de información necesaria. Este procedimiento se realiza durante todo el desarrollo del proyecto; en el siguiente diagrama (Figura II.1) se resume:

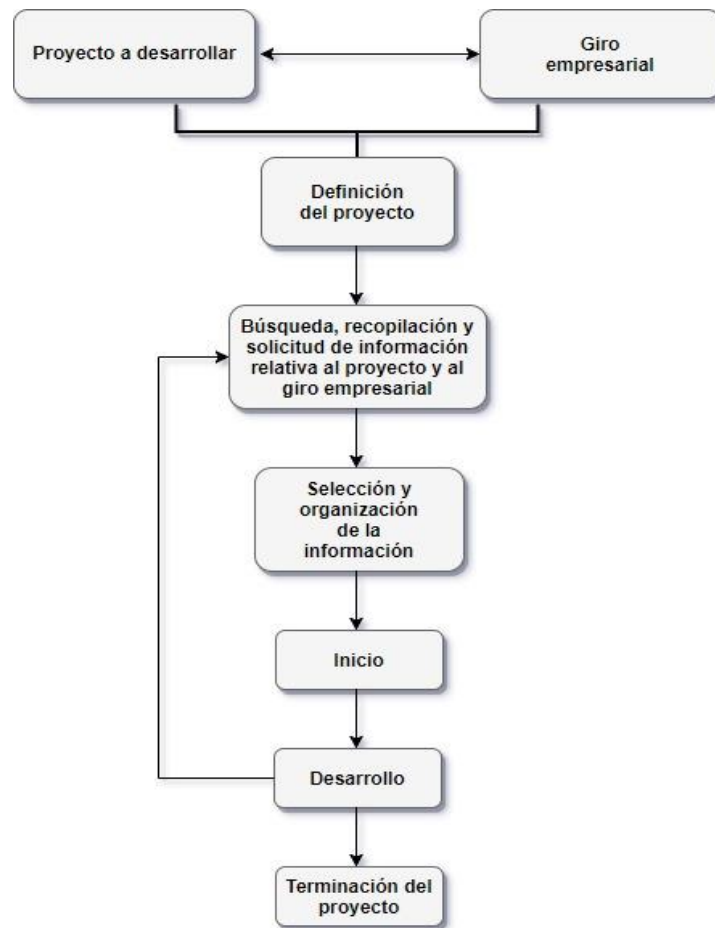


Figura II.1 Actividades que se realizan en el área Análisis de Proyectos

El tipo de información que comúnmente se busca y se requiere son: normatividad y parámetros expedidas principalmente por secretarías y dependencias gubernamentales nacionales e internacionales, por ejemplo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Salud (SSA), la Secretaría de Trabajo y

Prevención Social (STPS), la Secretaría de Energía (SENER), Occupational Safety And Health Administration (OSHA) y The National Institute For Occupational Safety And Health (NIOSH). De igual forma se busca información en decretos, planes de desarrollo urbano, programas de ordenamiento ecológico, cartografía, permisos, reglamentos, etc., provenientes de instituciones como el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), entre otros.

Por otro lado, cuando es necesario se realiza la requisición de información necesaria al cliente como: estudios previos, actas notariales, documentos oficiales, descripción de giro y actividad empresarial, planos, entre otros; aunque esto no está directamente ligado a funciones del puesto, tengo la oportunidad de entender el proceso de requisición y conocer su importancia para el proyecto.

En cuanto a la búsqueda de herramientas de apoyo es una actividad directamente relacionada al área, en este caso las funciones principales se basan en la búsqueda y selección de herramientas para la modelación de escenarios ambientales, guías metodológicas, investigaciones científicas y técnicas aplicables a temas como la evaluación de escenarios de calidad del aire, descargas de aguas residuales y manejo de residuos sólidos, escenarios de riesgo, fragilidad ambiental, impacto ambiental, trámites ambientales, realización de reportes y en todo lo necesario para brindar una asesoría y servicio ambiental de manera integral.

III. Relación de proyectos

Durante mi estancia en CCS he tenido la oportunidad de colaborar en diferentes proyectos. A continuación, se describen algunos de ellos de los cuales ya han sido concluidos:

III.1 Proyecto Minero, La Paz Baja California Sur

Durante este proyecto estuvo bajo mi cargo la estimación y modelación de contaminantes atmosféricos que produjo una mina durante su operación para la extracción de oro a tajo abierto, ubicada en la Sierra de la Laguna a 400 metros sobre el nivel del mar (msnm) en el municipio de la Paz, Baja California Sur.

Se inició con de la identificación de las principales actividades que podrían generar emisiones de contaminantes a la atmósfera, tales como: partículas suspendidas totales (PST), partículas suspendidas menores a 10 μm (PM-10) y menores a 2.5 μm , (PM-2.5), gases de combustión y gases por detonación de explosivos.

Con base en lo anterior, los parámetros que se evaluaron, por representar una afectación potencial en la calidad del aire, fueron: partículas y gases. En la tabla III.1.1 se enlistan las actividades y los contaminantes que estas emiten.

Tabla III.1.1 Contaminantes por actividad

Contaminante	Actividad
PST	<ul style="list-style-type: none"> Desmante del terreno natural. Movimiento (carga y descarga) de material pétreo.
PST, PM 10 y PM 2.5	<ul style="list-style-type: none"> Tráfico de maquinaria y equipo por caminos no pavimentados.
Gases de combustión interna	<ul style="list-style-type: none"> Combustión de combustibles fósiles (Diésel) en motores de combustión interna de la maquinaria y el equipo utilizado durante el desmante del terreno natural y el movimiento de materiales pétreos.
Gases por detonación de explosivos	<ul style="list-style-type: none"> Fragmentación de rocas.

Para la estimación de estos contaminantes, se utilizó el método de factor de emisión, sirviendo como guía la Compilation of Air Emissions Factors AP-42 de la Environmental Protection Agency (U.S. EPA 1998). Este es un documento muy completo el cual recopila técnicas y datos específicos para contaminación atmosférica provenientes de actividades mineras, estos datos servirían más adelante para realizar su modelación.

III.1.1 Estimación de los contaminantes por actividad

III.1.1.1 Desmante de terreno natural

Para estimar las PST que fueron producidas por las actividades del Desmante del terreno natural se tomaron en cuenta las 8 áreas que se desmontaron para la operación de la mina en un tiempo de 9 años. Las cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla III.1.2 Áreas desmontadas para la operación de la mina considerando un tiempo de operación de 9 años

Área	Superficie a desmontar (ha)
Planta	35
Mina (Tajo)	79

Presa de Jales	157
Tepetatera Norte	37
Tepetatera Sur	7
Tepetatera Noroeste	6
Tepetatera Oeste	104
Otras instalaciones	44

Teniendo la superficie en hectáreas de cada una de las áreas a desmontar, se aplicó la Ecuación III.1.1. obtenida del Manual AP-42 (U.S. EPA 1998) Sección 13.2.3.3.:

$$E = 2.69 \text{ tonelada /hectárea / mes de actividad}$$

Ecuación III.1.1

Donde:

E = Factor de emisión (Toneladas / Hectárea desmontada).

Con este cálculo se obtuvo la emisión de PST que serían generadas por el Desmote del terreno natural para un tiempo de operación de 9 años; los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla III.1.3 Estimación de PST generadas por el Desmote del terreno natural considerando un tiempo de operación de 9 años

Área	Emisión de PST (t/mes)	Emisión de PST (t/año)	Emisión de PST (t/9años)
Planta	0.87	10.46	94.15
Mina (Tajo)	1.97	23.61	212.51
Presa de Jales	3.91	46.93	422.33
Tepetatera Norte	0.92	11.06	99.53
Tepetatera Sur	0.17	2.09	18.83
Tepetatera	0.15	1.79	16.14
Tepetatera Oeste	2.59	31.08	279.76
Otras	1.10	13.15	118.36
Emisión Total	11.68	140.18	1,261.61

III.1.1.2 Movimiento de material pétreo (carga y descarga)

Para estimar las PST que fueron producidas por el Movimiento (carga y descarga) de materiales pétreos se tomaron en cuenta las 40,000 t de material que se tratan diariamente.

Las áreas involucradas en esta actividad y la cantidad de material a tratar en cada una de ellas son: la carga de 15,000 t de material pétreo en los camiones de volteo en el área de la Mina (tajo) y la descarga de este material ya sea en la Planta o en las Tepetateras (dependiendo de las características del material) la cuál es una cantidad de 25,000 t. Las emisiones de PST asociadas a esta actividad se obtuvieron a partir de la siguiente Ecuación III.1.2, obtenida del manual AP-42 (U.S. EPA 1998) Sección 13.2.4.3:

$$E = k \times 0.0016 \left[\frac{\left(\frac{V}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{H}{2}\right)^{1.4}} \right]$$

Ecuación III.1.2

Donde:

E = Factor de emisión (kg de PST/t de material movido).

K = Factor adimensional (tamaño de partícula).

V = Velocidad promedio del viento (m/s).

H = Contenido de humedad del material (%).

Los datos utilizados para cada valor fueron los siguientes:

K = 0.36

V = 3 m/s

H = 2.0 %

Al sustituir los valores se obtuvo el Factor de Emisión, quedando de la siguiente forma:

$$E = 0.36 \times 0.0016 \left[\frac{\left(\frac{3.0 \text{ m/s}}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{2.0\%}{2}\right)^{1.4}} \right] = \mathbf{0.000862046 \frac{kg}{t} \text{ de material removido}}$$

Ecuación III.1.3

A este valor se le aplicaron las 40,000 t de material a tratar diariamente, en la siguiente tabla se presentan las emisiones de PST generadas por esta actividad.

Tabla III.1.4 Estimación de PST generadas por el Movimiento de material pétreo (carga y descarga) considerando un tiempo de operación de 9 años

Actividad	Volumen de material a tratar (t/día)	Emisión de PST (kg/año)	Emisión de PST (t/año)	Emisión de PST (t/9años)
Mina (Tajo)	15,000	4,719.67	4.72	42.48
Planta y/o Tepetateras	25,000	7,866.12	7.87	70.80
Emisión Total	40,000	12,585.80	12.59	113.27

III.1.1.3 Tráfico de maquinaria y vehículos transitados en caminos no pavimentados

Para esta actividad se consideró la estimación de PST, PM-10 y PM-2.5 las cuales fueron producidas por el Tráfico de maquinaria y equipo en caminos no pavimentados. Cabe mencionar que este concepto se refiere únicamente al movimiento de maquinaria y vehículos en el área de trabajo. La estimación de las partículas generadas en esta actividad, se obtuvo mediante el cálculo del factor de emisión aplicando la siguiente ecuación, tomada del Manual AP-42 (U.S. EPA 1998) Sección 13.2.2.2:

$$E = K \left(\frac{s}{12} \right)^a \left(\frac{W}{3} \right)^b$$

Ecuación III.1.4

Donde *k*, *a* y *b* son constantes empíricas, y:

E = Factor de emisión (lb/VMT)

s = Contenido de limos en el material superficial (%)

W = Peso promedio del vehículo (ton)

Las constantes empíricas *k*, *a* y *b* se obtienen de la siguiente tabla, de la misma sección del Manual AP-42:

Tabla III.1.5 Constantes empíricas para la Ecuación III.1.3

Constante	PM-2.5	PM-10	PST
K (lb/VMT)	0.15	1.5	4.9
a	0.9	0.9	0.7
b	0.45	0.45	0.45

Para la correcta aplicación de la Ecuación III.1.4, fue necesario identificar el parque vehicular involucrado en esta actividad el cual fue: tractor de Cadenas D9Ty camión de volteo Caterpillar 785C. De igual forma, se investigaron los datos técnicos de cada uno.



Figura III.1.1 Tractor de cadenas D9T



Figura III.1.2 Camión de volteo Caterpillar 785C

Los camiones de volteo, con capacidad de 150 t llevarían los materiales pétreos de la mina (Tajo) a la Planta y/o Tepetateras; mientras que el Tractor de cadenas cuenta con un cucharón con una capacidad de 13.532621 m³, éste cargará los materiales pétreos a los camiones de volteo. Con esta información y la proveniente de la Tabla III.1.6 (información obtenida de las fichas técnicas de cada maquinaria) se calculó la distancia aproximada que cada vehículo recorrería para realizar la carga y descarga y en el caso del camión de volteo se calculó el número de viajes aproximados que tuvieron que realizar para transportar las 40,000 t de material pétreo que se tenía programado procesar diariamente, estos cálculos se encuentran en el Anexo I. Considerando esto, se identificaron tres actividades que generarían partículas:

1. Tráfico del tractor de cadenas en el interior de la Mina (Tajo) para cargar los materiales pétreos en los camiones de volteo.
2. Tráfico de los camiones de volteo cargados con material pétreo de la Mina (Tajo) a la Planta o a las Tepetateras.
3. Tráfico de los camiones de volteo vacíos al regresar de la Planta o las Tepetateras a la Mina (Tajo).

Tabla III.1.6 Parámetros utilizados para el cálculo del Factor de emisión

Parámetro	Significado	Unidad	Valor
S	Contenido de finos en el material que recubre los caminos	%	8.5
W	Peso promedio de los Camiones de volteo Caterpillar 785 C cargado	T	246
W	Peso promedio de los Camiones de volteo Caterpillar 785 C vacío	T	150
W	Peso del Tractor de cadenas D9T	t	47.9
S	Velocidad promedio de los Camiones de volteo Caterpillar 785 C cargado	mph	12.4277
S	Velocidad promedio de los Camiones de volteo Caterpillar 785 C vacío	mph	18.6416
S	Velocidad promedio del Tractor de Cadenas D9T	mph	3.1069

Los datos se sustituyeron en la Ecuación III.1.4 para cada tipo de maquinaria. Como se había mencionado antes durante el tráfico de maquinaria y equipo en caminos no

pavimentados se consideró la emisión de tres tipos de partículas, por lo tanto, se calcularon tres Factores de emisión por actividad, en la siguiente tabla se describen:

Tabla III.1.7 Factores de emisión correspondientes a cada maquinaria y vehículo involucrado en las tres actividades generadoras de partículas durante el Tráfico de maquinaria y equipo en caminos no pavimentados

Actividad	Maquinaria o vehículo	Factor de emisión PST (kg/VKT)	Factor de emisión PM-10 (kg/VKT)	Factor de emisión PM-2.5 (kg/VKT)
Tráfico del Tractor de cadenas en el interior de la Mina (Tajo) para cargar los materiales pétreos en los camiones de volteo	Tractor de cadenas D9T	13.39087241	3.826058334	0.382605833
Tráfico de los camiones de volteo cargados de materiales pétreos de la mina (Tajo) a la Planta y/o Tepetateras	Camión de volteo Caterpillar 785C	27.96267334	7.989533173	0.798953317
Tráfico de los camiones de volteo vacíos al regresar de la Planta y/o las Tepetateras a la Mina (Tajo)	Camión de volteo Caterpillar 785C	22.38200342	6.395016549	0.639501655

Debido a que cada actividad y a que los datos de entrada fueron diferentes, a continuación, se describe como se realizó la estimación de la emisión de partículas por actividad:

1. Tráfico del Tractor de cadenas en el interior de la Mina (Tajo)

Considerando la capacidad de carga del cucharón se obtuvo el número de cucharadas necesarias para cargar las 40,000 t de material pétreo, con esto se calculó la distancia aproximada que recorrería el tractor de cadenas para cargar material a los camiones de volteo.

A esta distancia se le aplicó el factor de emisión correspondiente para este vehículo, con el cual se obtuvo la emisión de partículas generadas por el tráfico de los tractores de cadenas (Tabla III.1.8):

Tabla III.1.8 Estimación de PST, PM-10 y PM-2.5 generadas por el tráfico de los tractores de cadenas en el interior de la Mina (Tajo) para cargar material pétreo a los camiones de volteo, considerando un tiempo de 9 años

Vehículo	Emisión de PST (t/9años)	Emisión de PM-10 (t/9años)	Emisión de PM-2.5 (t/9años)
Tractor de cadenas D9T	692.09	197.75	19.77

2. Tráfico de los camiones de volteo cargados de material pétreo en la Mina (Tajo) a la Planta y/o Tepetateras

Después de calcular el número de viajes que tendrían que realizar los camiones de volteo para transportar las 40,000 t de material pétreo y determinar la distancia

promedio entre la mina (tajo) y la planta y/o las Tepetateras, se obtuvo la distancia aproximada que estos vehículos recorrerían.

A esta distancia se le aplicó el factor de emisión correspondiente para este vehículo, con el cual se obtuvo la emisión de partículas generadas por el tráfico de los camiones de volteo cargados de material pétreo (Tabla III.1.9):

Tabla III.1.9 Estimación de PST, PM-10 y PM-2.5 generadas por el Tráfico de Camiones de volteo cargados de material pétreo de la Mina (Tajo) a las Plantas y/o Tepetateras, considerando un tiempo de 9 años

Vehículo	Emisión de PST (t/9años)	Emisión de PM-10 (t/9años)	Emisión de PM-2.5 (t/9años)
Camión de volteo Caterpillar 785C cargado	9,605.42	2,744.47	274.45

3. Tráfico de los camiones de volteo vacíos de material pétreo en la Planta y/o Tepetateras a la Mina (Tajo)

Después de calcular el número de viajes que tendrían que realizar los camiones de volteo para transportar las 40,000 t de material pétreo y determinar la distancia promedio entre la mina (tajo) y la planta y/o las Tepetateras, se obtuvo la distancia aproximada que estos vehículos recorrerían vacíos, después de haber descargado el material.

A esta distancia se le aplicó el factor de emisión correspondiente para este vehículo, con el cual se obtuvo la emisión de partículas generadas por el tráfico de los camiones de volteo vacíos (Tabla III.1.10):

Tabla III.1.10 Estimación de PST, PM-10 y PM-2.5 generadas por el tráfico de camiones de volteo vacíos que vienen de las Plantas y/o Tepetateras a la Mina (Tajo), considerando un tiempo de 9 años.

Vehículos	Emisión de PST (t/9años)	Emisión de PM-10 (t/9años)	Emisión de PM-2.5 (t/9años)
Camión de volteo Caterpillar 787C vacío	7,688.41	2,196.74	219.67

III.1.1.4 Combustión de combustibles fósiles en motores de combustión interna

En esta actividad se consideró la generación de los gases provenientes de motores Diésel de combustión interna CO, NO_x, COV's y SO₂. Los factores de emisión utilizados para esta estimación se enlistan en la tabla III.1.11, los cuales se obtuvieron con base en las tablas aplicables del Manual AP-42 (U.S. EPA 1998) Sección 3.3.

Tabla III.1.11 Factores de emisión para la estimación de gases de combustión interna

Contaminante	Factor de emisión para el Diésel (g/km)
SO ₂	1.34
NO _x	8.70
CO	18.80
COV's	2.75

Para la estimación de estos contaminantes, se tomaron en cuenta los dos tipos de maquinaria (tractor de cadenas y camiones de volteo) y las distancias a recorrer diariamente para la carga y descarga de material pétreo. A cada distancia se le aplicó los factores de emisión anteriores para calcular la emisión de los gases de combustión que esta actividad genera considerando un tiempo de 9 años (Tabla III.1.12):

Tabla III.1.12 Estimación de gases de combustión interna generados por combustibles fósiles (Diésel) con un tiempo de operación de 9 años

Vehículo	Distancia recorrida (km/día)	Emisión de SO ₂ (t/9años)	Emisión de NO _x (t/9años)	Emisión de CO (t/9años)	Emisión de COV's (t/9años)
Camión de volteo Caterpillar 785C Cargado	370.67	1.63	10.59	22.89	3.35
Camión de volteo Caterpillar 785C Vacío	370.67	1.63	10.59	22.89	3.35
Tractor de cadenas D9T	55.77	0.25	1.59	3.44	0.50
Totales	797.11	3,51	22.78	49.23	7.20

III.1.1.5 Detonación de explosivos

En esta actividad se consideraron los dos tipos de explosivos que generalmente se utilizan durante las operaciones de minas: la "Dynamite gelatin" y el "ANFO". La cantidad aproximada utilizada fue de 1,000kg/mes. En esta actividad los gases contaminantes que se identificaron fueron: CO, NO_x, CH₄, S₂H y SO₂. Para realizar la estimación de estos contaminantes, se utilizaron los factores de emisión establecidos en el Manual AP-42 (U.S. EPA 1998) Sección 13.3. A continuación se enlistan:

Tabla III.1.13 Factores de emisión para la estimación de gases por explosiones

Explosivo	Monóxido de Carbono (CO) (kg/Mg)	Óxidos de Nitrógeno (NO _x) (kg/Mg)	Metano (CH ₄) (kg/Mg)	Sulfuro de Hidrógeno (S ₂ H) (kg/Mg)	Bióxido de Azufre (SO ₂) (kg/Mg)
Dynamite gelatin	52	26	0.3	2	1
ANFO	34	8	ND	NA	1

Mg= megagramo equivale a 1 tonelada
 ND= No hay datos disponibles
 NA= No aplica

Los factores de emisión anteriores, se multiplicaron por la cantidad de explosivos a usar (1,000 kg/mes) y esto a su vez se estimó para un tiempo de 9 años de operación (Tabla III.1.14):

Tabla III.1.14 Estimación de gases generados por la detonación de explosivos considerando un tiempo de operación de 9 años

Explosivo	Emisión de CO (kg/9años)	Emisión de NO _x (kg/9años)	Emisión de CH ₄ (kg/9años)	Emisión de H ₂ S (kg/9años)	Emisión de SO ₂ (kg/9años)
Dynamite gelatin	5,616	2,808	32.4	216	108
ANFO	3,672	864	ND	108	108

III.1.2 Modelación de contaminantes

Considerando los contaminantes que fueron estimados y con la revisión de análisis preliminares, los cuales indicaron que el rango de afectación por los gases (de ambas actividades), se limita a los linderos de la planta, se concluyó que las partículas son el contaminante que tendría mayor afectación ambiental; por lo tanto, este fue el primer criterio para la selección de un modelo de simulación, el cual tendría que representar la dispersión de las partículas, el segundo criterio fue que varios de los datos recabados sirvieran como datos de entrada al modelo.

Debido a lo anterior, el modelo que se seleccionó para representar la dispersión de contaminantes fue el Screen View 3.0.0 desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA 2009), el cual es gratuito y se descarga directamente desde la página web de la EPA. Su manipulación es sencilla, con este modelo se puede obtener el comportamiento de los contaminantes en la atmósfera y su concentración en diferentes distancias. Los datos que se ingresaron al modelo Screen View 3.0.0 para este proyecto fueron:

- 1) La razón de emisión de partículas (tasa de emisión) calculado previamente, dependiendo del tipo de partícula y actividad.
- 2) La dirección y velocidad de viento, se consideraron todas las clases de estabilidad atmosférica: A (muy inestable), B (inestable), C (ligeramente inestable), D (neutral), E (Ligeramente estable) y F (estable)
- 3) Tipo de fuente: aérea
- 4) Tipo de localidad: rural
- 5) Tipo de terreno: simple
- 6) Tipo de distancias: automatizadas y discretas

Cabe mencionar que dependiendo de los datos de entrada algunas de las opciones el modelo las selecciona por default.

Recapitulando, los contaminantes que se acordaron modelar fueron las partículas, provenientes del desmonte del terreno natural, movimiento de material pétreo (carga y descarga) y tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados. En el siguiente apartado se describen los datos específicos que sirvieron para alimentar al modelo de acuerdo a cada actividad.

III.1.2.1 Desmonte del terreno natural

Para esta actividad se modeló la dispersión de PST y se utilizó un valor de 0.00015567 g/m²/s para Razón de emisión de partículas (el cálculo de este dato se encuentra en el Anexo II) también, se consideró un tipo de Escenario A el cual corresponde a un valor promedio de desmonte mensual (0.15 ha), de acuerdo con el programa de desmonte trimestral proporcionado por el cliente. A este escenario se le denominó "Escenario

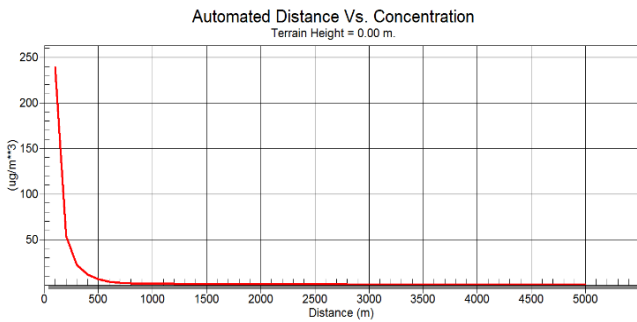
Promedio". Con los siguientes datos de entrada (Tabla III.1.15) se realizaron 6 corridas, considerando todas las clases de estabilidad atmosférica:

Tabla III.1.15 Datos de entrada al modelo Screen View 3.0.0 para la actividad de desmonte de terreno Escenario Promedio

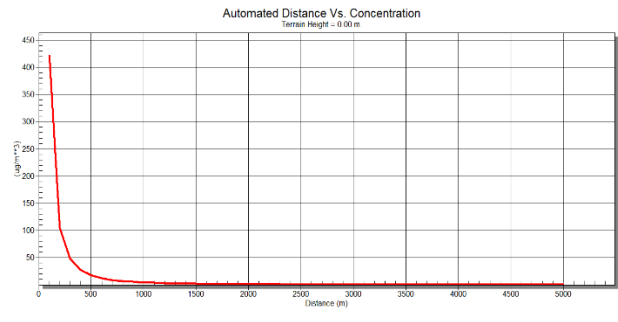
Datos de entrada	
Tipo de fuente	Aérea
Factor de emisión (AP-42)	2.69 Mg/ha/Mes de actividad

Razón de emisión	0.00015567 g/m ² /s
Largo del área	100m
Ancho del área	15m
Tipo de localidad	Rural
Dirección del viento	Todas las clases de estabilidad atmosférica
Velocidad del viento	

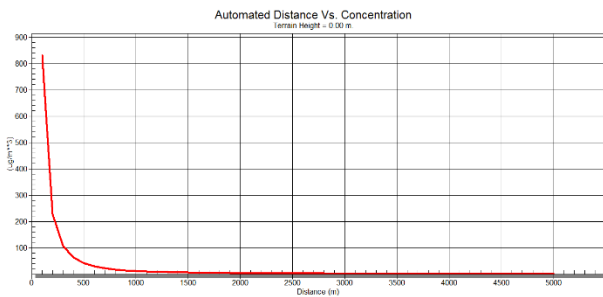
Una vez ingresados los datos y correr el modelo, se generaron las siguientes gráficas que representan la distancia contra la dispersión de partículas:



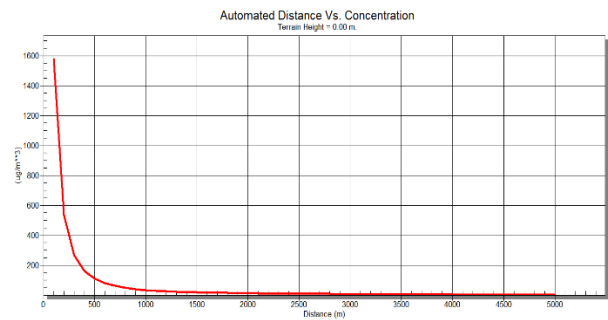
Gráfica III.1.1 Estabilidad A. Desmonte de terreno natural. Escenario promedio



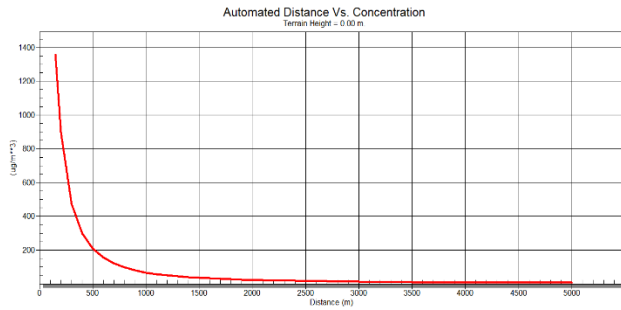
Gráfica III.1.2 Estabilidad B. Desmonte de terreno Natural. Escenario promedio



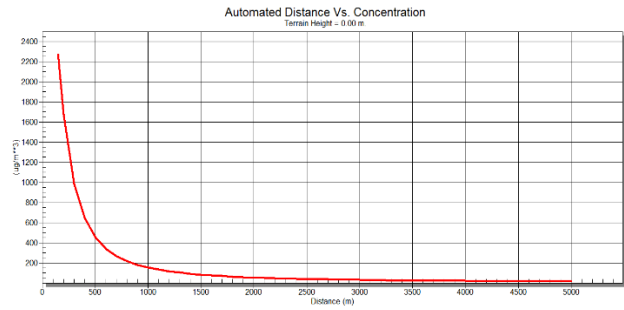
Gráfica III.1.3 Estabilidad C. Desmonte de terreno natural. Escenario promedio



Gráfica III.1.4 Estabilidad D. Desmonte de terreno natural. Escenario promedio



Gráfica III.1.5 Estabilidad E. Desmonte de terreno natural. Escenario promedio



Gráfica III.1.6 Estabilidad F. Desmonte de terreno natural. Escenario promedio

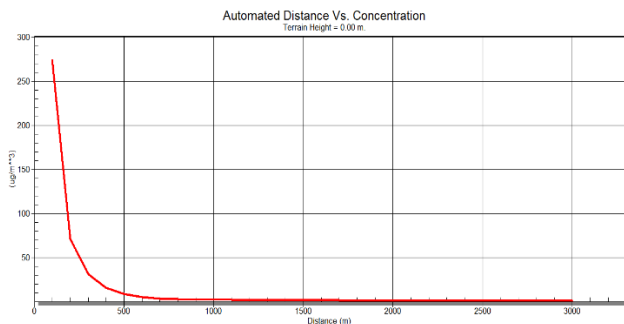
III.1.2.2 Movimiento de material pétreo (carga y descarga)

Para evaluar la dispersión de PST correspondiente a esta actividad el valor de la Razón de emisión de partículas fue de 0.001995465 g/m² /s (el cálculo de este dato se encuentra en el Anexo III). Para ello se tomó un área promedio de 200m². De igual forma se consideraron las 6 clases de estabilidad atmosféricas, por lo tanto, se realizaron 6 corridas. Los datos de entrada al modelo, fueron los siguientes:

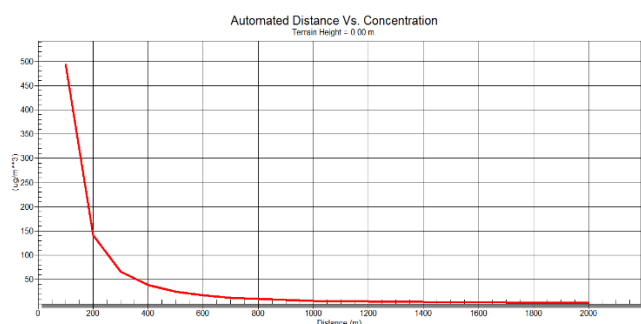
Tabla III.1.16 Datos de entrada al modelo Screen View 3.0.0 para la actividad de Movimiento de material pétreo (carga y descarga)

Datos de entrada	
Tipo de fuente	Aérea
Razón de emisión	0.001995465 g/m ² /s
Largo del área	20 m
Ancho del área	10 m
Tipo de localidad	Rural
Dirección del viento	Todas las clases de estabilidad atmosférica
Velocidad del viento	

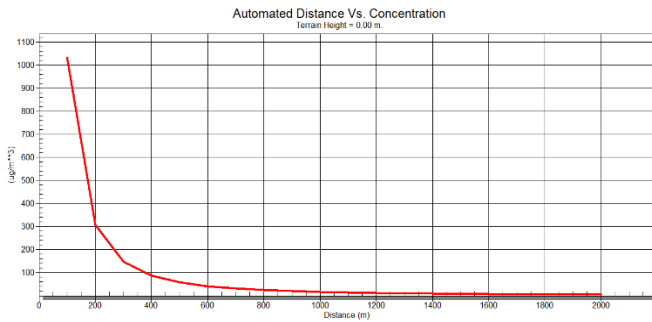
Una vez ingresados los datos y correr el modelo, se generaron las siguientes gráficas las cuales representan la distancia contra la dispersión de partículas:



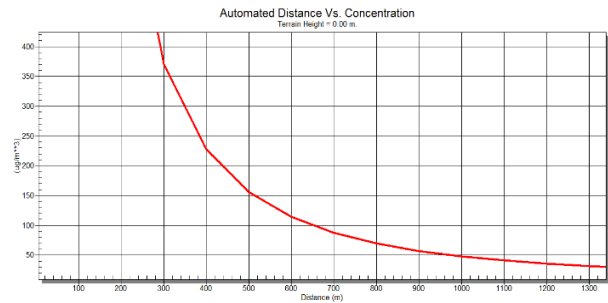
Gráfica III.1.7 Estabilidad A. Movimiento de material pétreo (carga y descarga)



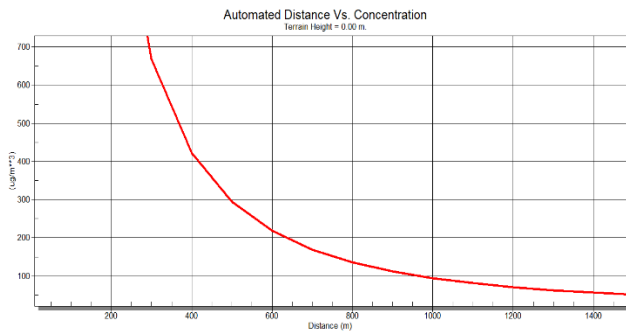
Gráfica III.1.8 Estabilidad B. Movimiento de material pétreo (carga y descarga)



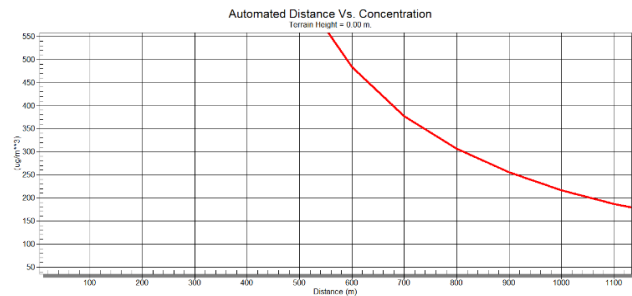
Gráfica III.1.9 Estabilidad C. Movimiento de material pétreo (carga y descarga)



Gráfica III.1.10 Estabilidad D. Movimiento de material pétreo (carga y descarga)



Gráfica III.1.11 Estabilidad E. Movimiento de material pétreo (carga y descarga)



Gráfica III.1.12 Estabilidad F. Movimiento de material pétreo (carga y descarga)

III.1.2.3 Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados

Para esta actividad se modeló la dispersión de los siguientes contaminantes: PST, PM-10 y PM-2.5, utilizando el “Factor de Emisión de Partículas” obtenido en la Sección 13.2.2 del Manual AP-42 (U.S. EPA 1998). Se obtuvieron los valores de la Razón de emisión para cada uno de los contaminantes a modelar (Anexo IV), de igual forma se consideraron las 6 clases de estabilidad atmosféricas y un área promedio de 35 m². De acuerdo a las recomendaciones para mitigar la presencia de polvos para esta actividad se realizaron los cálculos y las corridas con una retención de humedad del 90%. En la siguiente tabla se presentan los datos de entrada al modelo:

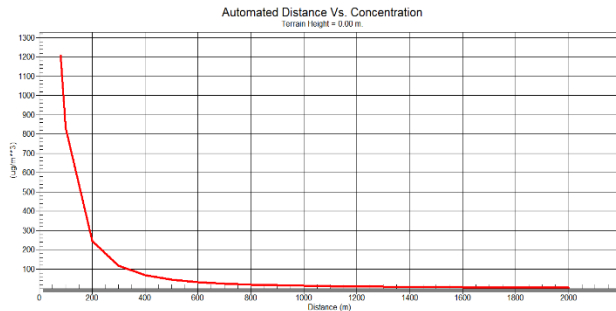
Tabla III.1.17 Datos de entrada al modelo Screen View 3.0.0 para la actividad de tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados

Datos de entrada	
Tipo de fuente	Aérea
Razón de emisión	(g/m ² /s)
PST	0.1810571650
PM-10	0.051731900
PM-2.5	0.00497413
Largo del área	7 m
Ancho del área	5 m
Tipo de localidad	Rural

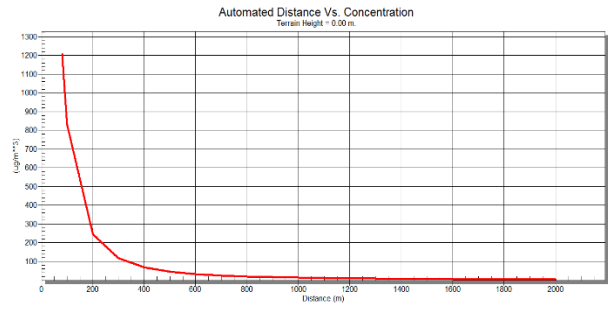
Dirección del viento	Todas las clases de estabilidad atmosférica
Velocidad del viento	

Una vez ingresados los datos y correr el modelo, se obtuvieron las siguientes gráficas representando la distancia contra la dispersión de partículas:

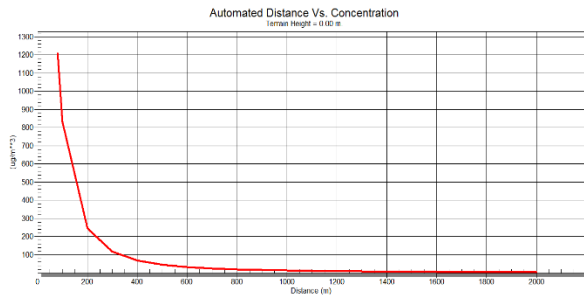
- Partículas Suspensas Totales (PST)



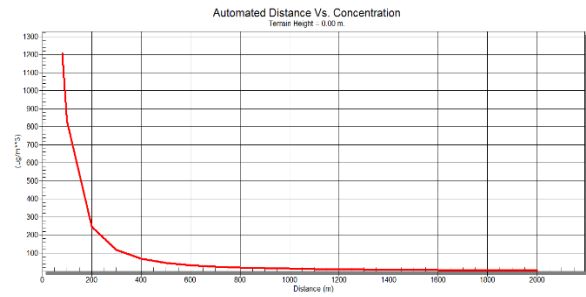
Gráfica III.1.13 Estabilidad A. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PST



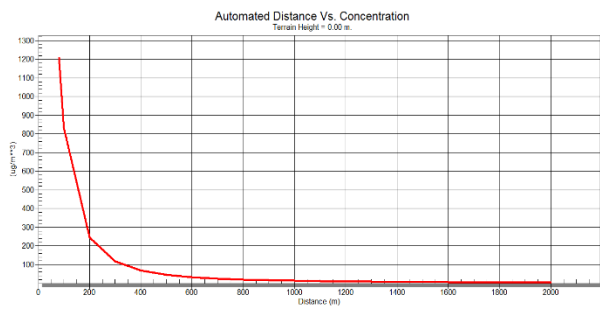
Gráfica III.1.14 Estabilidad B. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PST



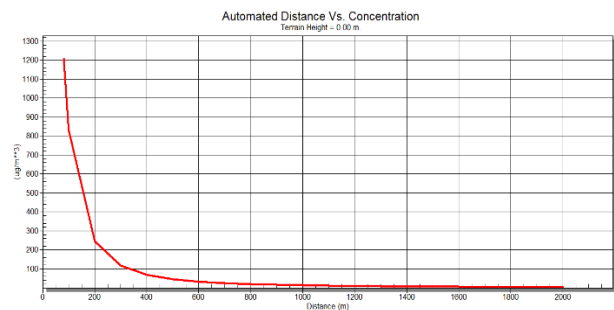
Gráfica III.1.15. Estabilidad C. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PST



Gráfica III.1.16 Estabilidad D. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PST

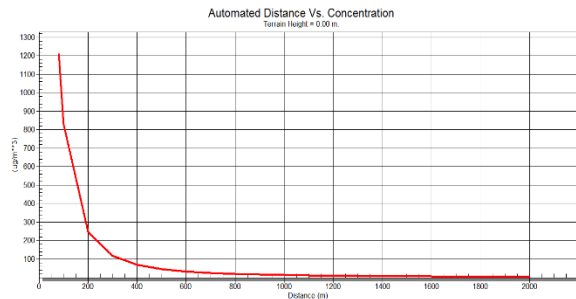


Gráfica III.1.17 Estabilidad E. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PST

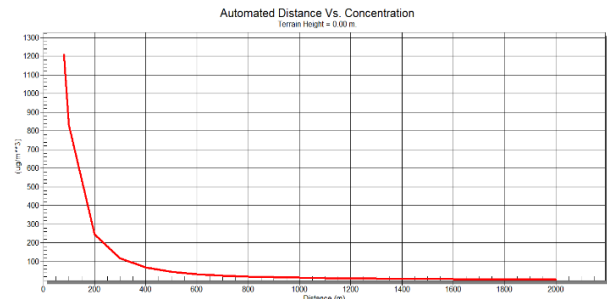


Gráfica III.1.18 Estabilidad F. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PST

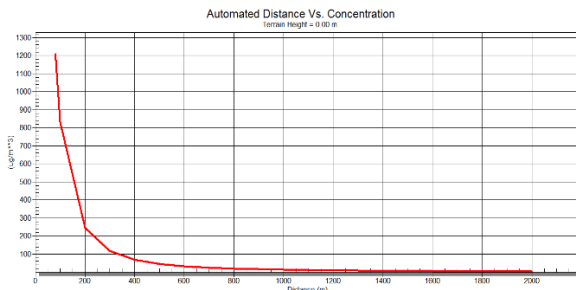
- PM-10



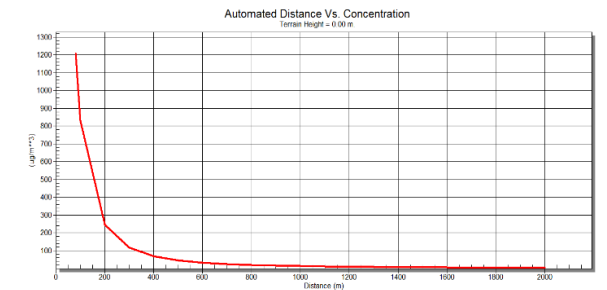
Gráfica III.1.19 Estabilidad A. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-10



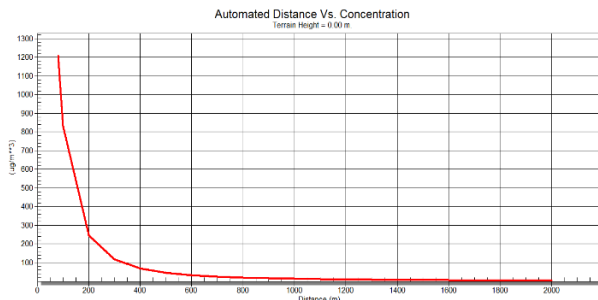
Gráfica III.1.20 Estabilidad B. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-10



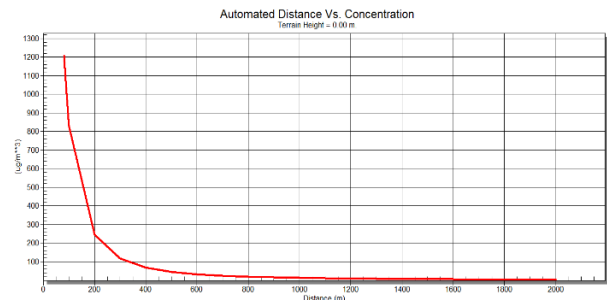
Gráfica III.1.21 Estabilidad C. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-10



Gráfica III.1.22 Estabilidad D. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-10

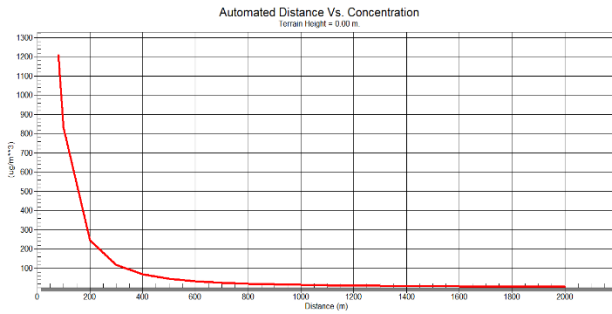


Gráfica III.1.23 Estabilidad E. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-10

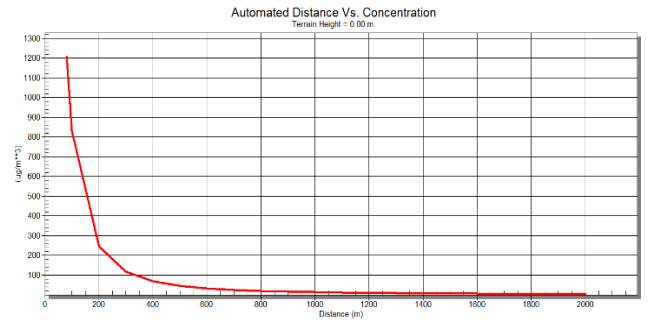


Gráfica III.1.24 Estabilidad F. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-10

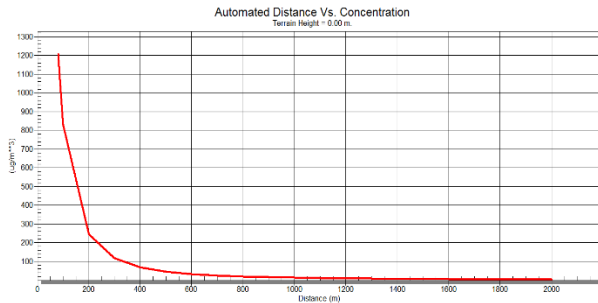
- PM-2.5



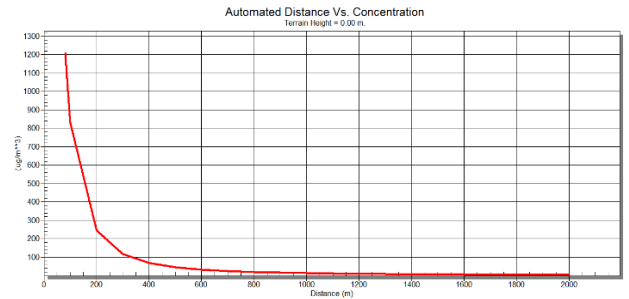
Gráfica III.1.25 Estabilidad A. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-2.5



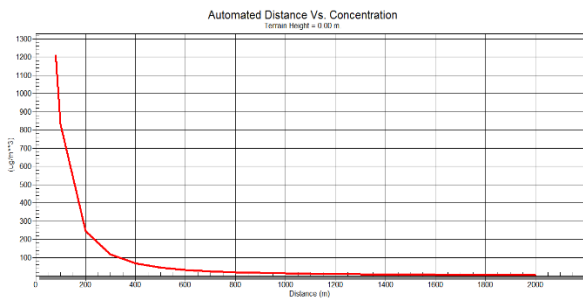
Gráfica III.1.26 Estabilidad B. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-2.5



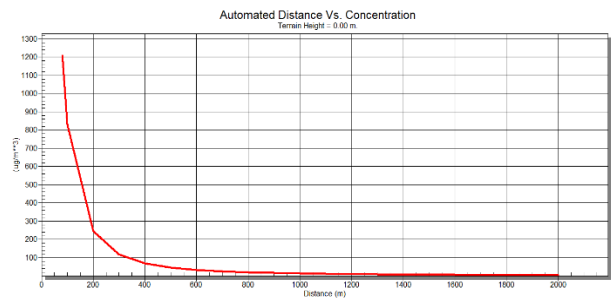
Gráfica III.1.27 Estabilidad C. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-2.5



Gráfica III.1.28 Estabilidad D. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-2.5



Gráfica III.1.29 Estabilidad E. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-2.5



Gráfica III.1.30 Estabilidad F. Tráfico de vehículos y maquinaria en caminos no pavimentados para PM-2.5

III.1.3 Mapas y resultados

Para generar las distancias en donde la presencia de partículas no ocasiona daños potenciales a la salud fue necesario revisar la normatividad nacional vigente, por lo tanto, se tomó de referencia la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993 “Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor Límite Máximo Permisible para la concentración de Partículas Suspendidas Totales (PST), Partículas menores de 10 micrómetros (PM-10) y Partículas menores de 2.5 micrómetros (PM-2.5) de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire.” Con base en los parámetros establecidos en la norma anterior, las distancias que no exceden los límites máximos permisibles (LMP) fueron las siguientes:

Tabla III.1.18 LMP de PST correspondiente al desmonte de terreno natural. Escenario promedio

LMP para PST según la NOM-025-SSA1-1993	210µm³/24 h
Clases de estabilidad atmosférica	Distancia (m)
A (muy inestable)	150
B (inestable)	190
C (ligeramente inestable)	210
D (neutral)	340
E (ligeramente estable)	500
F (estable)	800

Tabla III.1.19 LMP de PST correspondiente al movimiento de materiales

LMP para PST según la NOM-025-SSA1-1993	210µm³/24 h
Clases de estabilidad atmosférica	Distancias (m)
A (muy inestable)	140
B (inestable)	180
C (ligeramente inestable)	260
D (neutral)	420
E (ligeramente estable)	580
F (estable)	1,020

Tabla III.1.20 LMP de PM-2.5 correspondiente al tráfico de caminos no Pavimentados

LMP para PST según la NOM-025-SSA1-1993	65µm³/24 h
Clases de estabilidad atmosférica	Distancias (m)
A (muy inestable)	160
B (inestable)	200
C (ligeramente inestable)	300
D (neutral)	500
E (ligeramente estable)	750
F (estable)	1,250

Tabla III.1.21 LMP de PM-10 correspondiente al tráfico de caminos no Pavimentados

LMP para PST según la NOM-025-SSA1-1993	120µm³/24 h
Clases de estabilidad atmosférica	Distancias (m)
A (muy inestable)	310

B (inestable)	500
C (ligeramente inestable)	750
D (neutral)	1,450
E (ligeramente estable)	2,300
F (estable)	4,400

Tabla III.1.22 LMP de PST correspondiente al tráfico de caminos no Pavimentados

LMP para PST según la NOM-025-SSA1-1993	210 $\mu\text{m}^3/24 \text{ h}$
Clases de estabilidad atmosférica	Distancias (m)
A (muy inestable)	420
B (inestable)	680
C (ligeramente inestable)	1,115
D (neutral)	2,300
E (ligeramente estable)	3,400
F (estable)	7,000

Una vez teniendo estas distancias y con el apoyo del área de Geomática de CCS, mediante la plataforma Geographic Information System (GIS) del Google Earth Professional, edición 2013, estas gráficas y los resultados fueron representados en mapas:



Figura III.1.3 Desmonte de terreno natural. Escenario promedio

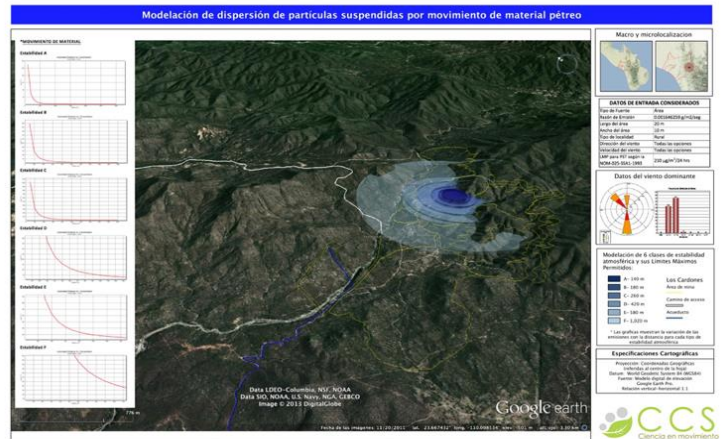


Figura III.1.4 Movimiento de materiales

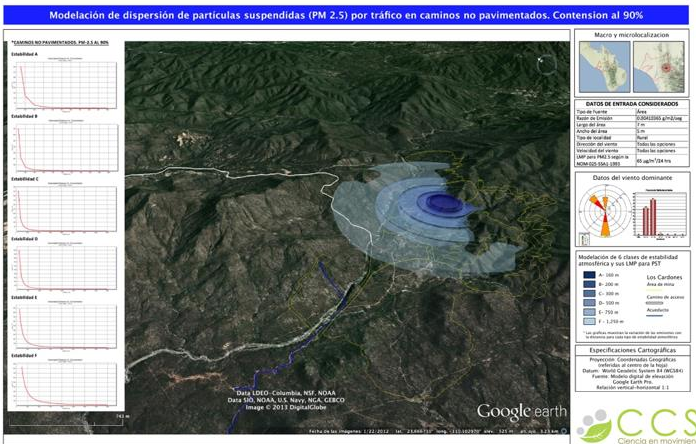


Figura III.1.5 Tráfico de caminos no pavimentados. PM-2.5

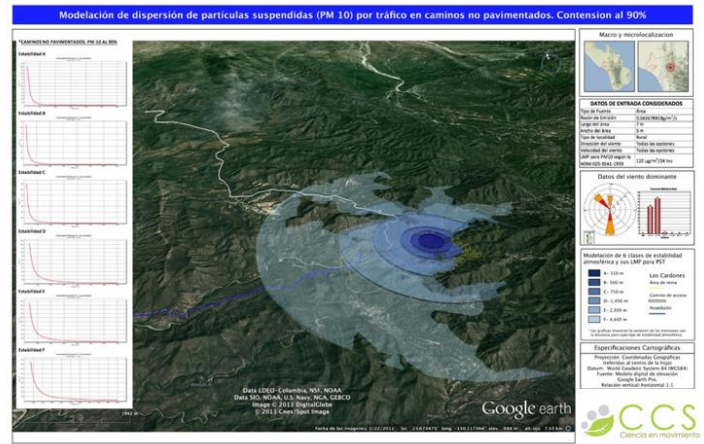


Figura III.1.6 Tráfico de caminos no pavimentados. PM-10



Figura III.1.7 Tráfico de caminos no pavimentados. PST

III.1.4 Conclusiones y recomendaciones

La operación de la mina para extraer oro a tajo abierto generó emisiones de contaminantes en forma de partículas (PST, PM-10 y PM-2.5), gases de combustión y gases por detonación de explosivos. Sin embargo, de ello se determinó que las emisiones a estimar por ser las que representan una afectación directa en la calidad del aire ambiente fueron las partículas y los gases producidos en sus diferentes actividades.

Con base en los resultados obtenidos de las estimaciones y respaldados por la revisión del análisis preliminar realizado por el cliente, se concluyó que la cantidad gases de combustión provenientes de la maquinaria y de los gases producidos por la detonación de explosivos no fue significativa, incluso considerando un tiempo de operación de 9 años.

En cuanto a la estimación de partículas generadas se concluyó que la actividad que más emite fue el tráfico de maquinaria y equipos en caminos no pavimentados, específicamente durante el tráfico de camiones de volteo cargados de material que salen de la Mina hacia las Plantas y/o Tepetateras.

Con las modelaciones que se realizaron para las PST, PM-10 y PM-2.5 se concluyó que las concentraciones de partículas y su dispersión en la atmósfera no alcanzaron a llegar a la población más cercana, recordando que ésta se encuentra a 6km de distancia de la mina, incluso considerando todas las clases de estabilidad. Sin embargo, cabe mencionar que sólo una actividad superó la distancia del poblado más cercano, la cual fue: PST correspondiente al tráfico de caminos no pavimentados con el tipo de estabilidad atmosférica F (estable) la cual el LMP llegó a una distancia de 7km.

Para este proyecto las recomendaciones que se realizaron fue el instalar una red de monitoreo de la calidad del aire para la determinación de PST y PM-10, ya que son las partículas que más dispersión alcanzaron, la red deberá apegarse a los criterios de selección de sitios recomendados por la EPA y el INECC en sus manuales para la instalación de Redes de Monitoreo de la Calidad del Aire. Adicionalmente se recomendó colocar una estación de monitoreo en localidades ubicadas debajo de la cuenca atmosférica para efecto de registrar información de calidad de aire por PST, PM-10 y gases de combustión. La red debe estar acoplada a dispositivos para el muestreo de parámetros meteorológicos tales como humedad, capa de mezcla, dirección y velocidad de viento. Con la información generada por dicha red se podrá precisar el número de días en que prevalecen condiciones de estabilidad atmosférica adversas y establecer medidas adicionales de control en caso de resultar necesario. También se recomendó continuar con la retención de partículas con humedad.

II.2 Proyecto minero, Asientos Aguascalientes

En este proyecto realicé la Evaluación de los Escenarios de Riesgos, que formó parte del Estudio de Riesgo Ambiental Nivel 02 para una mina ubicada en el municipio de Asientos, en el estado de Aguascalientes, cuya principal actividad productiva es el beneficio de Zinc, Plomo y Cobre del mineral extraído de 2 minas que se encuentran en operación cerca de la región. Para llevar a cabo la evaluación, primero fue necesario analizar y recabar la información necesaria del proceso y las operaciones que se ejecutan en la mina. Los cuáles en términos generales, consisten en: exploración, explotación minera, beneficio y almacenamiento de residuos mineros (Jales). Posteriormente se procedió a la identificación de las actividades más riesgosas y la recopilación de la información necesaria.

III.2.1 Actividades riesgosas

Posterior a la revisión de los procesos, actividades e información de la Planta Beneficio de la mina, se identificaron las actividades consideradas como altamente riesgosas, las cuales se describen a continuación:

- El manejo de cianuro de sodio durante las etapas de la preparación de mezcla de complejo $ZnSO_4-NaCN$; en la nave de preparación de reactivos y durante la dosificación de esta solución a las celdas de flotación del circuito de plomo, celdas de limpias de zinc, molinos remoladores. Cabe mencionar que para esta actividad se realizó un análisis para la identificación y jerarquización de riesgos y eventos mediante la metodología Hazop y “Qué pasa sí”, el cuál fue realizado previamente por el cliente.
- Manejo de los compuestos cianuro de sodio y ácido nítrico en cantidades mayores a las establecidas en el primer listado de actividades altamente riesgosas emitido por la Secretaría de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, el cual indica la cantidad mínima de reporte de las sustancias peligrosas presentes en cualquier actividad y, que al ser liberadas o manipuladas por causas naturales o derivadas de

la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes. El ácido nítrico se emplea en la separación de humedad de los jales mineros al final del proceso de beneficio en espesadores de colas previo a su envío a presa de jales. El cianuro de sodio es utilizado en el área de preparación de reactivos y en el área de flotación

- Almacenamiento en tanques de combustibles como el Gas Licuado de Petróleo (G.L.P.) y Diésel los cuales, no rebasaron la cantidad de reporte establecidas. Sin embargo, debido a sus características fisicoquímicas son materiales considerados como inflamables y peligrosos, por lo que su manejo y almacenamiento debe de estar sujeto a las medidas de seguridad adecuadas.

Una vez identificadas las actividades más riesgosas, se procedió a recabar la información necesaria de los principales materiales que son considerados como peligrosos. En la siguiente tabla se enlistan cantidades y características de almacenamiento, los cuales posteriormente estos datos fueron de utilidad para alimentar al modelo de simulación.

Tabla III.2.2 Recipientes de almacenamiento de sustancias altamente peligrosas

Sustancia	Capacidad	Material de construcción	Características
Cianuro de sodio	1000 kg	Caja de madera con saco	Sacos sellados, cada caja cuenta con un saco.
Ácido nítrico (Laboratorio)	2.5 kg	Garrafrones	Se encuentran en diques de contención de derrames.
Ácido nítrico (sistema de filtrado)	1 m ³	Acero inoxidable	Tanque horizontal. Con indicador de llenado, válvula de corte y válvula de seguridad.
Ácido nítrico (sistema de filtrado)	1 m ³	Acero inoxidable	Tanque horizontal. Con indicador de llenado, válvula de corte y válvula de seguridad.
Mezcla de complejo de ZnSO ₄ -NaCN	16,200 L	Acero inoxidable	Tanque vertical con agitación mecánica para preparación de complejo ZnSO ₄ -NaCN, con tapa y dique para contención de derrames.
Gas L.P.	500 kg	Acero al carbón	Tanque horizontal cuenta con indicador de llenado, válvula de corte y válvula de seguridad por sobrepresión.
Diésel	60,000 L	Acero al carbón	Tanque horizontal con venteo, arresta flamas y dique para contención de derrames.
Diésel	15,000 L	Acero al carbón	Tanque horizontal con venteo, arresta flamas y dique para contención de derrames.
Diésel	500 L	Acero al carbón	Tanque horizontal con venteo, arresta flamas y dique para contención de derrames.

III.2.2 Descripción de modelo de simulación

Para la realización de las simulaciones se utilizó el modelo Areal Locations Of Hazardous Atmospheres (ALOHA) versión 5.4.5 el cual puede ser descargado gratuitamente desde la página web de la Environmental Protection Agency. Este modelo fue desarrollado por la (U.S. EPA 2012) y la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Se seleccionó este modelo ya que es un programa que emplea dos modelos de dispersión (Gaussiano y Degadis), los cuales predicen el comportamiento de los gases en la atmósfera ya sean ligeros o densos, mediante los diferentes escenarios que el programa ofrece como: tuberías rotas, fugas de tanques, charcos de líquidos tóxicos en evaporación o directamente desde cualquier otra fuente de emisión. Además, cuenta con una amplia base de datos con información específica de hasta 1,000 compuestos químicos peligrosos comunes. Su diseño y su fácil acceso permiten que sea un programa sencillo e intuitivo de modo que pueda operarse rápida y fácilmente. Los cálculos que realiza son exactos y ofrecen buenos resultados, debido a que el programa revisa la información que se introduce y éste avisa cuando se comete algún error. Por lo tanto, este modelo se adaptaba a los diferentes escenarios de riesgo y a los materiales químicos a evaluar del proyecto minero.

En términos generales, los datos de entrada que solicitó el modelo se refieren a las condiciones climáticas y atmosférica del lugar, localización geográfica, coordenadas, elevación, porcentaje de humedad, entre otros. En cuanto a datos más específicos corresponden al tipo de compuesto químico y escenario a evaluar. Para la evaluación de los escenarios de riesgo los datos de entrada que se introdujeron al modelo de simulación ALOHA 5.4.5 (U.S. EPA 2012) y los cuáles no se modificaron, se mencionan en la Tabla III.2.3. Cabe mencionar que, en pruebas de ensayo y error, las modelaciones se realizaron para todas las clases de estabilidad atmosféricas y se concluyó que una estabilidad F con una velocidad de viento de 5 m/s produciría los escenarios adversos más importantes.

Tabla III.2.3 Datos de entrada al modelo ALOHA 5.4.5. para todos los escenarios

Datos de entrada	
Localización	Asientos Ags.
Elevación	2250 msnm
Latitud Norte	22°13'
Latitud Oeste	102°06'
Estabilidad atmosférica	F
Velocidad del viento	5 m/s
Vientos dominantes	260°
Porcentaje de humedad	30%
Temperatura	17°C
Rugosidad	Campo abierto

III.2.3 Descripción de escenarios y modelaciones

III.2.3.1 Formación de nube tóxica de ácido cianhídrico (HCN)

Derivado del análisis para la identificación y jerarquización de riesgos y eventos que realizó previamente el cliente, se identificaron 8 eventos potenciales de riesgo en diferentes puntos de la instalación, los cuales se enlistan en la siguiente tabla:

Tabla III.2.4 Eventos obtenidos de los análisis HAZOP y "Qué Pasa Si"

Evento	Descripción
1	Derrame de NaCN sólido en la nave de preparación de reactivos
2	Derrame de solución de complejo ZnSO ₄ -NaCN en el tanque de preparación.
3	Formación de HCN en el tanque de preparación de solución.

4	Derrame de solución de complejo de ZnSO ₄ -NaCN en tuberías del tanque de preparación a tanques de día.
5	Derrame de solución de complejo de ZnSO ₄ -NaCN en tanques de día.
6	Derrame de solución de complejo ZnSO ₄ -NaCN en tuberías de tanques de día a bombas de dosificación.
7	Derrame de solución de complejo de ZnSO ₄ -NaCN en recipientes de dosificación.
8	Derrames de solución de complejo ZnSO ₄ -NaCN en tuberías de bombas de dosificación a puntos de adición.

Siendo el evento 3 como el único que contempla un riesgo mayor debido a un pH bajo del agua de preparación es probable la formación de una nube tóxica de HCN en el tanque de preparación de la mezcla ZnSO₄-NaCN.

Una vez identificado el escenario que presenta mayor riesgo, se procedió a la recopilación de datos específicos para correr el modelo de simulación ALOHA. En la siguiente tabla se muestran:

Tabla III.2.5 Datos de entrada al modelo ALOHA 5.4.5 para la formación de nube tóxica de ácido cianhídrico

Datos de entrada	
Tipo de fuente	Directa (Desde el tanque de preparación de la solución)
Compuesto químico	Ácido cianhídrico
Cantidad de HCN	20 kg
Tiempo	10 min

Después de correr el modelo, el programa generó la siguiente tabla (Figura III.2.1), en donde además de mostrar los datos que se ingresaron e información específica del HCN (la cual el modelo genera por *default* a partir de su base de datos), arroja los radios potenciales de afectación para este evento.

```

ALOHA 5.4.5 - [Text Summary]
File Edit SiteData Setup Display Sharing Help
SITE DATA:
Location: ASIENIOS, AGS, MEXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 1.03 (unsheltered single storied)
Time: August 3, 2015 1750 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: HYDROGEN CYANIDE Molecular Weight: 27.03 g/mol
AEGL-1 (60 min): 2 ppm AEGL-2 (60 min): 7.1 ppm AEGL-3 (60 min): 15 ppm
IDLH: 50 ppm REL: 56000 ppm UEL: 400000 ppm
Ambient Boiling Point: 23.5° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.72 atm
Ambient Saturation Concentration: 776,942 ppm or 77.7%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 5 meters/second from 260° true at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 17° C
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 30%

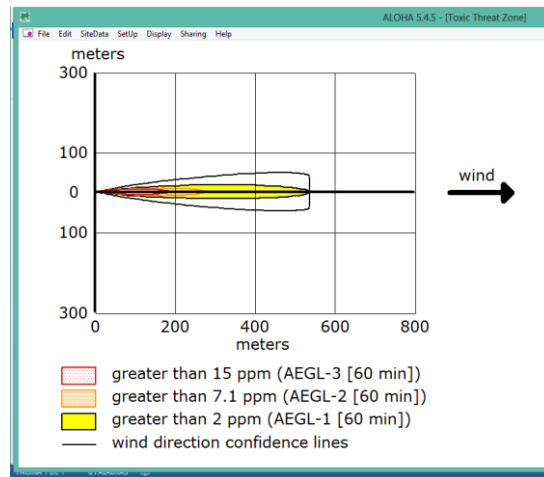
SOURCE STRENGTH:
Direct Source: 20 kilograms/hr Source Height: 0
Release Duration: 10 minutes
Release Rate: 333 grams/min
Total Amount Released: 3.33 kilograms

THREAT ZONE: [
Model Run: Gaussian
Red : 186 meters --- (15 ppm = AEGL-3 [60 min])
Orange: 274 meters --- (7.1 ppm = AEGL-2 [60 min])
Yellow: 539 meters --- (2 ppm = AEGL-1 [60 min])

```

Figura III.2.1 Corrida en ALOHA 5.4.5 para formación de nube tóxica de ácido cianhídrico

De la barra de herramientas del programa se selecciona mostrar gráfico y se representan gráficamente las distancias de afectación de la nube tóxica como se puede observar en el siguiente gráfico:



Gráfica III.2.1 Distancias de afectación por la formación de nube tóxica de ácido cianhídrico

III.2.3.2 Dispersión de ácido nítrico (HNO_3)

Como se había mencionado, el ácido nítrico es un reactivo que su uso y almacenamiento rebasó las cantidades de reporte y se encuentra almacenado en dos tanques horizontales de acero inoxidable con capacidad de 1m^3 cada uno. Este químico se modeló en dos escenarios diferentes, los cuales se describen a continuación:

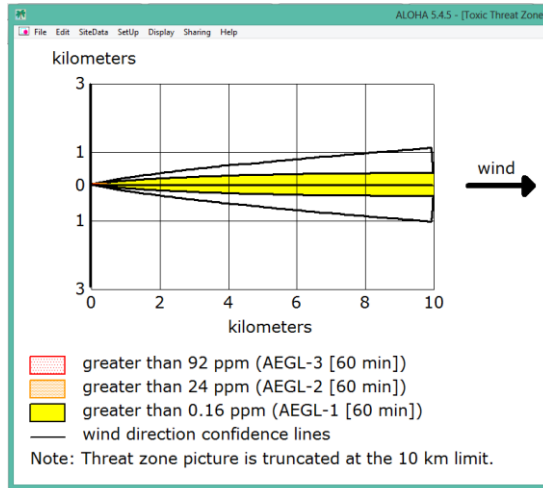
- Fuga en tanque

Se realizó una modelación suponiendo una fuga de ácido nítrico en uno de los tanques de almacenamiento, los datos de entrada al modelo fueron los siguientes:

Tabla III.2.6 Datos de entrada al modelo ALOHA 5.4.5 para ácido nítrico por fuga en tanque de almacenamiento

Datos de entrada	
Químico	Ácido nítrico
Tipo de fuente	Tanque horizontal
Volumen	1 m^3
Diámetro de apertura	2"
Tiempo de emisión	1 h

Después de correr el modelo, se generó la siguiente tabla (Figura III.2.2) en la cual el modelo calcula la cantidad promedio del compuesto químico liberado: 9.14 kg/min , el tamaño aproximado del charco: 13.9 m y los radios potenciales de afectación para el evento, estos radios se representan gráficamente (Gráfica III.2.2):



Gráfica III.2.2 Distancias de afectación para ácido nítrico por fuga en tanque de almacenamiento.



Figura III.2.2 Corrida en ALOHA 5.4.5 para ácido nítrico por fuga en tanque de almacenamiento.

- Derrame de material en fuente directa

La modelación correspondiente a ácido nítrico se realizó suponiendo un derrame de material en un ciclo de limpieza. A continuación, se muestran los datos de entrada al modelo correspondiente a este evento:

Tabla III.2.7 Datos de entrada al modelo ALOHA 5.4.5 para ácido nítrico por derrame de material en fuente directa

Datos de entrada	
Químico	Ácido nítrico
Tipo de fuente	Directa
Duración de emisión	60 min

Se corrió el modelo y se generó la siguiente tabla (Figura III.2.3) donde arroja la cantidad promedio del compuesto químico que se derramó: 41.7 g/min y los radios de afectación, mismos que se representan en la Gráfica III.2.3:

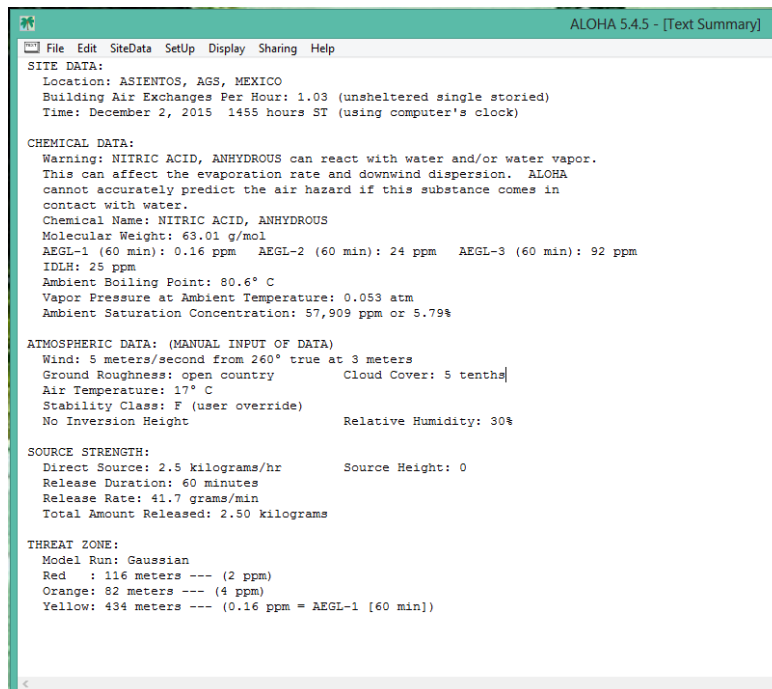
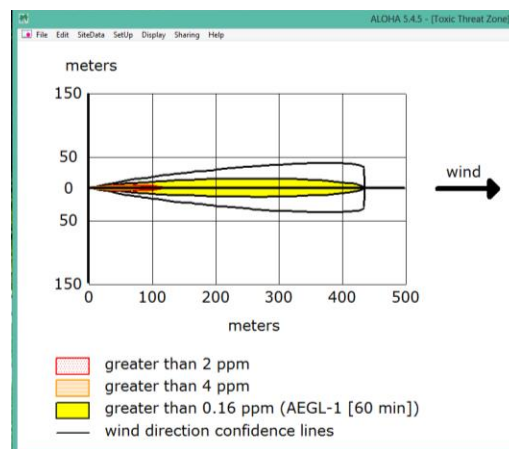


Figura III.2.3 Corrida en ALOHA 5.4.5 para ácido nítrico por derrame de material en fuente directa



Gráfica III.2.3 Distancias de afectación para ácido nítrico por derrame de material en fuente directa

III.2.3.3 Modelación de Gas L.P.

Como se había mencionado el Gas L.P. no rebasó las cantidades de reporte, sin embargo, debido a que es un material inflamable se incluyeron simulaciones de accidente por manejo de Gas L.P. considerando cuatro posibles escenarios los cuales son: Incendio tipo BLEVE, Incendio tipo jet fire, Explosión no confinada y Área de la nube de gas. Para los cuatro escenarios los datos que se ingresaron al modelo fueron los mismos, la única opción que se ingresó diferente, fue el tipo de evento. En la tabla siguiente se mencionan los datos de entrada:

Tabla III.2.8 Datos de entrada al modelo ALOHA 5.4.5 para Gas L.P.

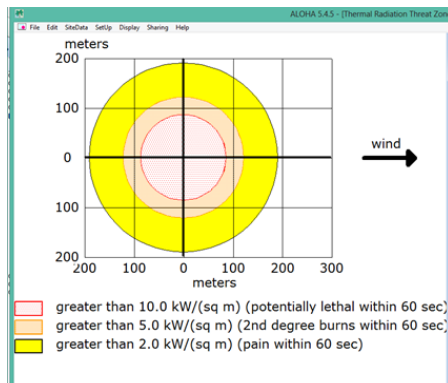
Datos de entrada	
Composición de Gas L.P.:	
Propano	60%
Butano	40%
Tipo de fuente	Tanque horizontal
Volumen	500 L
Diámetro de apertura	3"
Tiempo de emisión	1 min
Capacidad de llenado	80%

Cabe mencionar que en la base de datos del modelo ALOHA, no se encuentra el Gas L.P., sin embargo, para poder modelar este material se tomó de referencia su composición química, en su mayoría conformada por propano (60%), químico que si se encuentra en el en la base de datos del modelo. A continuación, se detallan los escenarios correspondientes al Gas L.P.:

- Incendio tipo *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion* (BLEVE)

Este tipo de incendio sucede cuando el tanque presurizado se somete a un sobrecalentamiento externo ocasionando que el material almacenado llegue a su punto de ebullición máximo; el tanque no logra soportar la presión interna produciendo una fisura o ruptura a lo que deriva una fuga de material.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ingresaron los datos y se seleccionó el tipo de evento, se corrió y se generó la siguiente tabla de información (Figura III.2.4). El modelo calculó la duración de la quema de material: 3 s, el diámetro máximo que puede alcanzar la bola de fuego: 34 m y los radios potenciales de afectación (Gráfica III.2.4):



Gráfica III.2.4 Distancias de afectación para Gas L.P. por incendio tipo BLEVE

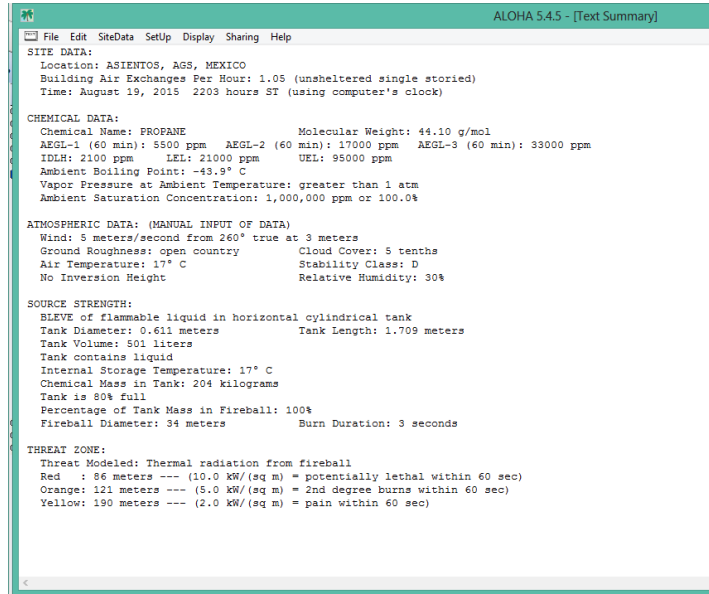
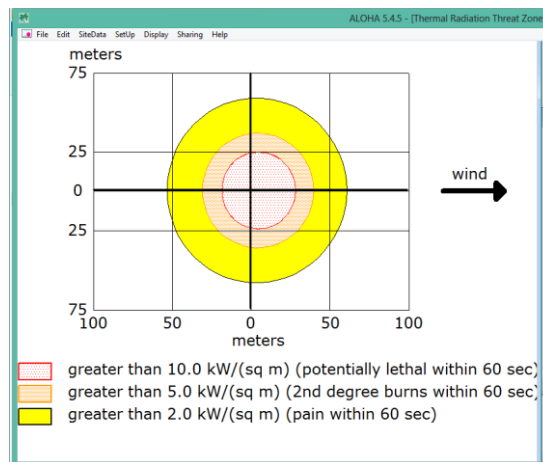


Figura III.2.4 Corrida en ALOHA 5.4.5 para Gas L.P. por incendio tipo BLEVE

- Incendio tipo *jet fire*

Este tipo de incendio consiste en una llama estacionaria de gran longitud y poca anchura, muy similar a la de un soplador. Se genera por medio de una fuga de vapores o gases ya sea en una válvula, en una tubería o bien, en el tanque donde se almacena el material, produciéndose una llama constante hasta agotar el combustible. Su alcance de afectación es limitado, sin embargo, debido a que la llama es direccional y constante, es muy peligroso pues puede generar un efecto dominó.

Para este escenario se generó la siguiente tabla de información (Figura III.2.5) y el modelo calculó la duración de la quema de material: 20 s, la longitud máxima de la flama: 20m, la cantidad total de material quemado: 188 kg y los radios potenciales de afectación, los cuáles se representan gráficamente (Gráfica III.2.5):



Gráfica III.2.5 Distancias de afectación para Gas L.P. por incendio tipo jet fire

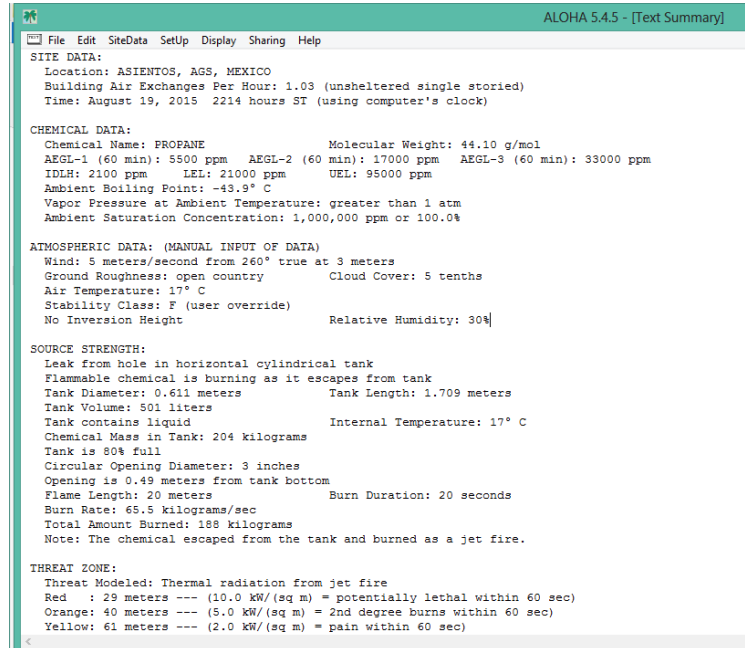
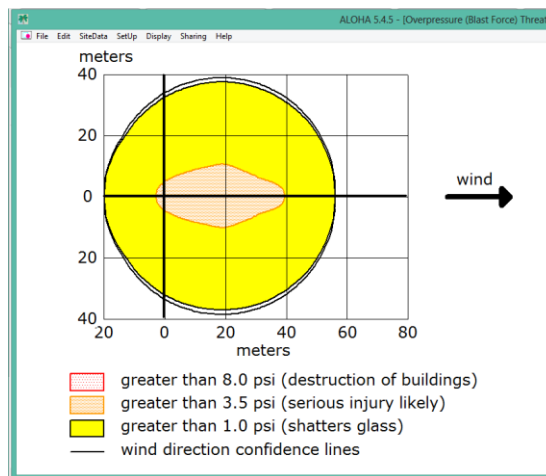


Figura III.2.5 Corrida en ALOHA 5.4.5 para Gas L.P. por incendio tipo jet fire

- Explosión no confinada

Corresponde a la explosión del material inflamable ocasionado principalmente por un derrame, en un área grande. Después de un tiempo puede producir la ignición de otros materiales y formar llamaradas. Se seleccionó este escenario, se ingresaron los datos y se corrió el modelo. Posteriormente se generó la tabla de información de la Figura III.2.6, en donde se calculó la cantidad total emitida: 188 kg y los radios potenciales de afectación (Gráfica III.2.6):



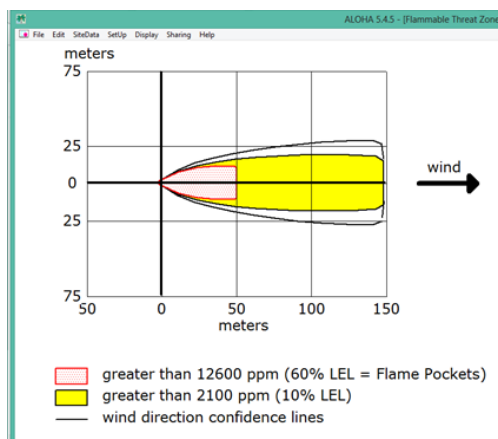
Gráfica III.2.6 Distancias de afectación para Gas L.P. por explosión no confinada



Figura III.2.6 Corrida en ALOHA 5.4.5 para Gas L.P. por explosión no confinada

- Área de la nube de gas

Este tipo de escenario se refiere a la cobertura de una nube de gas que se forma a causa de una fuga de vapores o gases inflamables; también se genera a consecuencia de algún derrame de un líquido que se evapora en condiciones atmosféricas mismo que se comporta como una fuga continua. Para este escenario se ingresaron los mismos datos que en los escenarios anteriores. Después de correr el modelo se generó la tabla de información de la Figura III.2.7, donde se indica la cantidad total de material emitido: 188 kg y en la Gráfica III.2.7 se representan los radios potenciales de afectación:



Gráfica III.2.7 Distancias de afectación para Gas L.P. por área de la nube de gas

```

ALOHA 5.4.5 - [Text Summary]
File Edit SiteData Setup Display Sharing Help
SITE DATA:
Location: ASIENITOS, AGS, MEXICO
Building Air Exchanges Per Hour: 1.03 (unsheltered single storied)
Time: August 19, 2015 2232 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:
Chemical Name: PROPANE Molecular Weight: 44.10 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
Ambient Boiling Point: -43.9° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)
Wind: 5 meters/second from 260° true at 3 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 17° C
Stability Class: F (user override)
No Inversion Height Relative Humidity: 30%

SOURCE STRENGTH:
Leak from hole in horizontal cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 0.611 meters Tank Length: 1.709 meters
Tank Volume: 501 liters Internal Temperature: 17° C
Tank contains liquid
Chemical Mass in Tank: 204 kilograms
Tank is 80% full
Circular Opening Diameter: 3 inches
Opening is 0.49 meters from tank bottom
Release Duration: 1 minute
Max Average Sustained Release Rate: 3.13 kilograms/sec
(Averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 189 kilograms
Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:
Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
Model Run: Heavy Gas
Red : 31 meters --- (12600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
Yellow: 149 meters --- (2100 ppm = 10% LEL)

```

Figura III.2.7 Corrida en ALOHA 5.4.5 para Gas L.P. por área de la nube de gas

III.2.3.4 Accidente por Diésel

Como se había mencionado, el Diésel no rebasó las cantidades de reporte. Sin embargo, debido a sus características fisicoquímicas es un material inflamable. De acuerdo con el arreglo general de la planta existen dos tanques de almacenamiento de Diésel de manera contigua, uno de 60 m³ y otro de 15 m³ los cuales fueron considerados en el análisis suponiendo accidentes por incendios, ya que por su cercanía se tienen altas probabilidades de que ocurra una reacción en cadena. Para el tanque con capacidad de 60 m³ se realizaron dos simulaciones para dos escenarios distintos: incendio tipo pool fire y nube tóxica; y para el tanque con capacidad de 15 m³ se realizó una simulación: incendio tipo BLEVE. Por último, se realizó un evento más considerando ambos tanques (75 m³) esto, suponiendo la posibilidad de una reacción en cadena, el tipo de escenario seleccionado fue un incendio del tipo BLEVE.

Para los cuatro eventos, los datos de entrada al modelo fueron los mismos, únicamente se modificó el volumen del tanque y el tipo de evento. En la tabla siguiente se mencionan los datos de entrada correspondientes a las modelaciones de Diésel:

Tabla III.2.9 Datos de entrada al modelo ALOHA 5.4.5 para Diésel

Datos de entrada	
Composición de Diésel Químico	N- Decano
Tipo de fuente	Tanque horizontal
Volumen	60,000 L
	15,000 L
	75,000 L
Capacidad de llenado	80%

Diámetro de apertura	3"
Tiempo de emisión	1 min

Cabe mencionar que para modelar el Diésel se consideró su composición química, debido a que no se encuentra en la base de datos del modelo ALOHA, por lo tanto, se realizaron las modelaciones seleccionando el N-Decano, el cual es uno de los componentes químicos que contiene el Diésel. A continuación, se presentan los detalles de los eventos+:

Para tanque de 60 m³

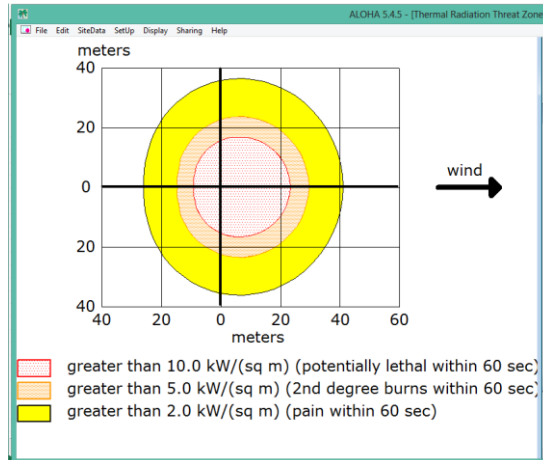
- Incendio tipo *pool fire*

Consiste en la combustión estacionaria de algún material inflamable en estado líquido; este tipo de incendio se genera a causa de un derrame que forma un charco en el suelo o bien, por descuido del personal al dejar el tanque de almacenamiento descubierto. Dentro de los límites, el fuego es letal en un 100% debido al contacto directo con las llamas. Sin embargo, la radiación térmica tiene un alcance limitado.

Una vez ingresados los datos de entrada al modelo y seleccionar el tipo de evento, se generó la tabla de información de la Figura III.2.8, que indica la duración de la quema: 1h, la cantidad total de material quemado: 12,073 kg y el diámetro de expansión del charco: 78 m. Los radios de afectación que ocasionan distintos niveles de radiación se representan en la Gráfica III.2.8:



Figura III.2.8 Corrida en ALOHA 5.4.5 para Diésel por incendio tipo *pool fire* en tanque de 60 m³



Gráfica III.2.8 Distancias de afectación para Diésel por incendio tipo pool fire en tanque de 60 m³

- Nube tóxica

Para este escenario se simuló una fuga en el tanque de almacenamiento con un tiempo de liberación de material de 1 h. Se ingresaron los datos de entrada y después de correr el modelo, se generó la tabla de información de la Figura III.2.9 donde se calculó la cantidad promedio de material liberado: 8.02 kg/min, el diámetro de expansión del charco: 64 m y los radios de afectación de la nube tóxica que generaron los vapores, así como los radios de afectación (Gráfica III.2.9):

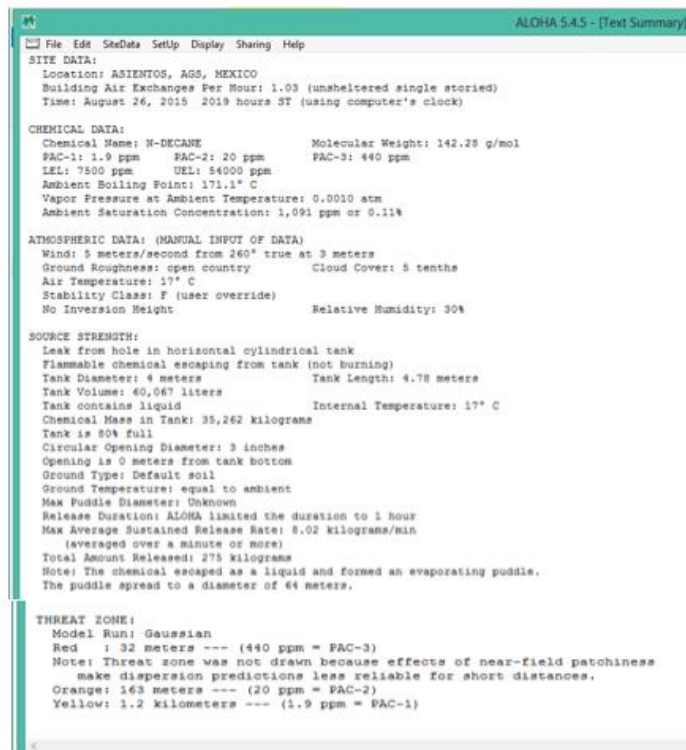
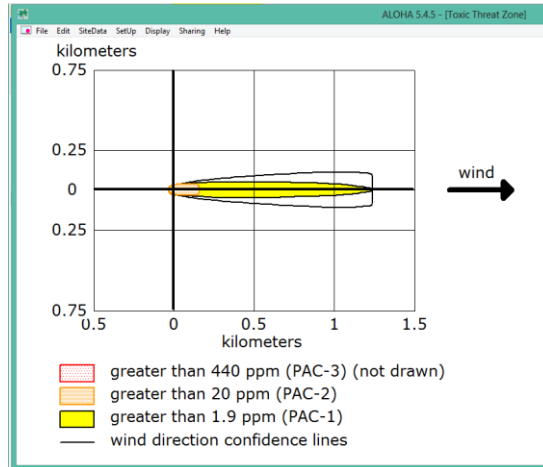


Figura III.2.9 Corrida en ALOHA 5.4.5 por formación de nube tóxica de Diésel



Gráfica III.2.9 Distancias de afectación por formación de nube tóxica de Diésel

Para tanque de 15 m³

- Incendio tipo BLEVE

Se ingresaron los datos de entrada, se seleccionó el tipo de evento a modelar y se generó la tabla de información de la Figura III.2.10 donde el modelo calculó el porcentaje de detonación: 100%, el diámetro de la bola de fuego: 120 m y la duración de la quema: 9 s, además de los radios potenciales de afectación (Gráfica III.2.10):

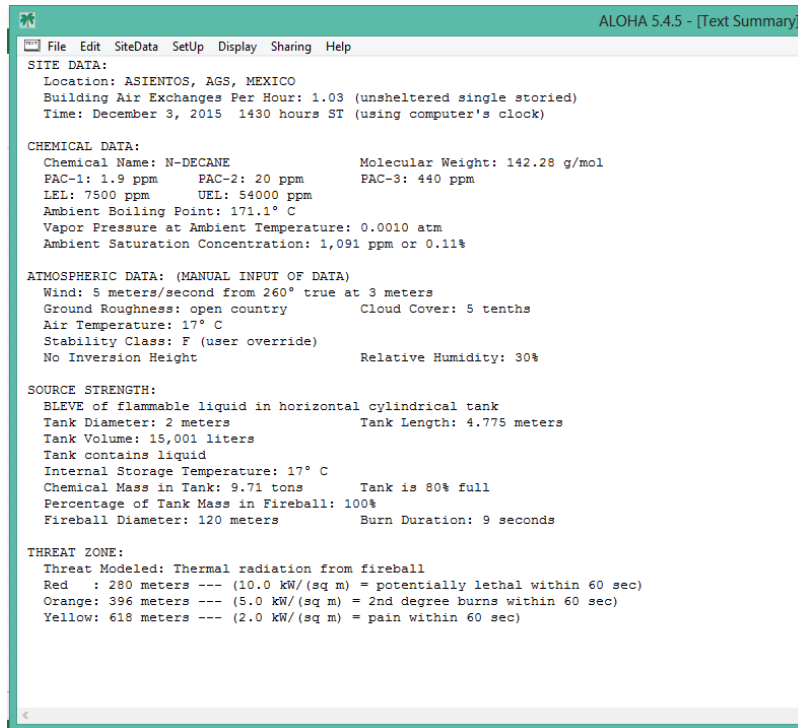
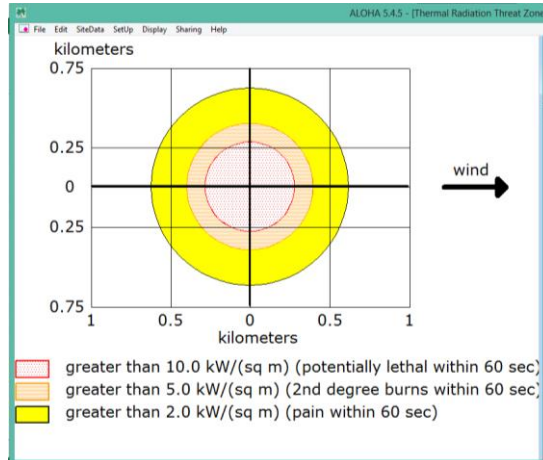


Figura III.2.10 Corrida en ALOHA 5.4.5 para Diésel por incendio tipo BLEVE en tanque de 15 m³



Gráfica III.2.10 Distancias de afectación para Diésel por incendio tipo BLEVE en tanque de 15 m³

Para ambos tanques: 60 m³ y 15 m³

- Incendio tipo BLEVE

Se ingresaron los datos de entrada al modelo, se seleccionó el tipo de evento y el volumen a modelar y se generó la tabla de información de la Figura III.2.11 donde el modelo calculó el porcentaje de detonación: 100%, el diámetro de la bola de fuego: 205 m y la duración de la quema: 13 s, además de los radios potenciales de afectación (Gráfica III.2.11):

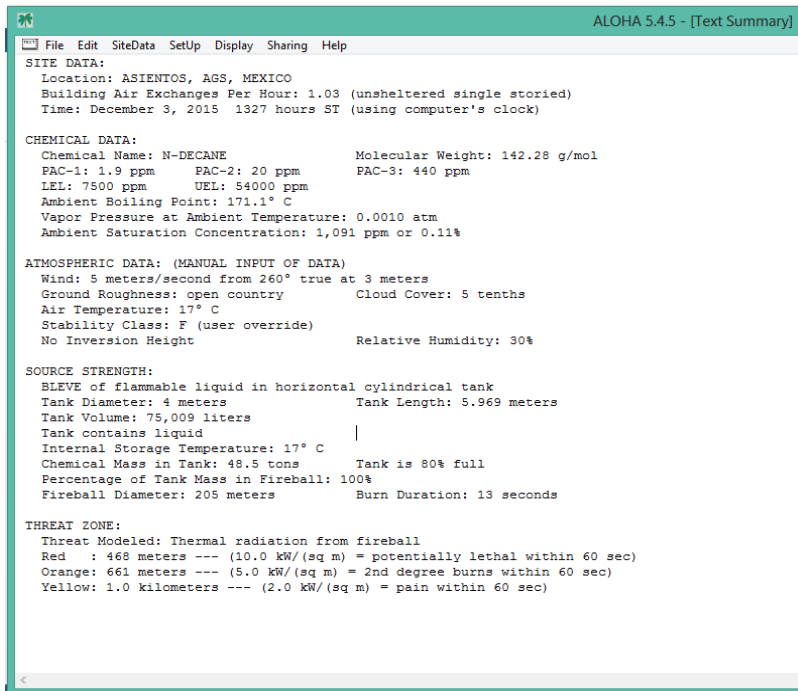
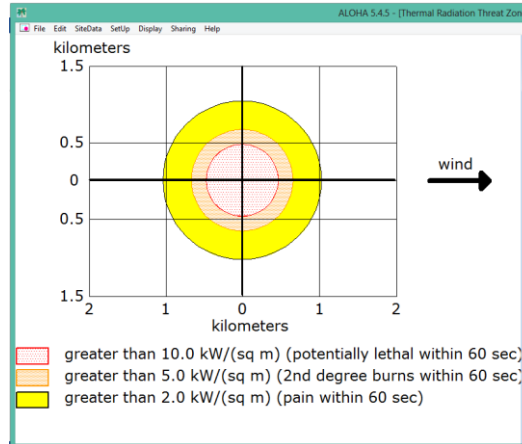


Figura III.2.11 Corrida en ALOHA 5.4.5 para Diésel por incendio tipo BLEVE en tanques de 65 m³ y 15 m³



Gráfica III.2.11 Distancias de afectación para Diésel por incendio tipo BLEVE en tanques de 60 m³ y 15 m³

III.2.4 Mapas y resultados

Para el HCN y el HNO₃, se determinaron zonas de riesgo, de amortiguamiento y de seguridad con base a los parámetros de exposición determinados en las regulaciones de la NIOSH y OSHA. En las siguientes tablas, se mencionan los resultados que fueron calculados por el modelo ALOHA 5.4.5. y las zonas de amenaza:

Tabla III.2.10 Zonas de amenaza por la formación de nube tóxica de ácido cianhídrico

IDLH según la NIOSH TLV según la NIOSH		50 ppm 4.7 ppm
Zona de amenaza	Distancia (m)	Concentración de HCN (ppm)
Riesgo	186	15
Amortiguamiento	274	7.1
Seguridad	539	2

IDLH: Immediately Dangerous to Life or Health
 TLV: Threshold Limit Value

Tabla III.2.11 Zonas de amenaza para ácido nítrico por fuga en tanque de almacenamiento

IDLH según NIOSH TWA según OSHA STEL según OSHA		25 ppm 2 ppm 4 ppm
Zona de amenaza	Distancia (m)	Concentración de HNO ₃ (ppm)
Riesgo	244	92
Amortiguamiento	525	24
Seguridad	>10,000	0.16

STEL= Short Term Exposure Limit
 TWA= Time Weighted Average

Tabla III.2.12 Zonas de amenaza para ácido nítrico por derrame de material en fuente directa

IDLH según NIOSH TWA según OSHA STEL según OSHA		25 ppm 2 ppm 4 ppm
Zona de amenaza	Distancia (m)	Concentración de HNO ₃ (ppm)
Riesgo	116	2
Amortiguamiento	82	4
Seguridad	434	0.16

Para el Gas L.P. y el Diésel también se establecieron zonas de amenaza con base en los niveles de radiación, concentración, nivel de potencia generada en explosiones y niveles de presión, correspondientes a cada tipo de evento simulado. En las siguientes tablas se muestran las zonas de amenaza establecidas para estos materiales:

Tabla III.2.13 Zonas de amenaza para Gas L.P. por incendio tipo BLEVE

Zona de amenaza	Distancia (m)	Nivel de radiación (kW/m ²)
Riesgo	86	10
Amortiguamiento	121	5
Seguridad	190	2

Tabla III.2.14 Zonas de amenaza para Gas L.P. por incendio tipo jet fire

Zona de amenaza	Distancia (m)	Nivel de radiación (kW/m ²)
Riesgo	29	10
Amortiguamiento	40	5
Seguridad	61	2

Tabla III.2.15 Zonas de amenaza para Gas L.P. por explosión no confinada

Zona de amenaza	Distancia (m)	Ondas sobre presión (psi)
Riesgo	LOC no fueron excedidos	8
Amortiguamiento	40	3.5
Seguridad	50	1

Tabla III.2.16 Zonas de amenaza para Gas L.P. por área de la nube de gas

Zona de amenaza	Distancia (m)	Concentración (ppm)	LEL
Riesgo	51	12,600	60%
Amortiguamiento	149	2,100	10%

LEL= Letal Exposure Limits

Tabla III.2.17 Zonas de amenaza para Diésel por incendio tipo pool fiire en tanque de 60 m³

Zonas de amenaza	Distancia (m)	Nivel de radiación (kW/m ²)
Riesgo	23	10
Amortiguamiento	30	5
Seguridad	41	2

Tabla III.2.18 Zonas de amenaza por formación de nube tóxica de Diésel

Zona de amenaza	Distancia (m)	Concentración (ppm)
Riesgo	32	440
Amortiguamiento	163	20
Seguridad	1,200	1.9

Tabla III.2.19 Zonas de amenaza para Diésel por incendio tipo BLEVE en tanque de 15 m³

Zona de amenaza	Distancia (m)	Nivel de radiación (kW/m ²)
Riesgo	280	10
Amortiguamiento	396	5
Seguridad	618	2

Tabla III.2.20 Zonas de amenaza para Diésel por incendio tipo BLEVE en tanques de 60 m³ y 15 m³

Zona de amenaza	Distancia (m)	Nivel de radiación (kW/m ²)
Riesgo	468	10
Amortiguamiento	661	5
Seguridad	1,000	2

Con el apoyo del área de Geomántica de CCS y mediante la plataforma GIS del programa Quantum versión 3.0 se representaron los radios de afectación en los siguientes mapas:



Figura III.2.12 Formación de nube tóxica de ácido cianhídrico



Figura III.2.13 ácido nítrico por fuga en tanque de almacenamiento



Figura III.2.14 ácido nítrico por derrame de material



Figura III.2.15 Gas L.P. por incendio tipo BLEVE



Figura III.2.16 Gas L.P. por incendio tipo jet fire



Figura III.2.17 Gas L.P. por explosión no confinada



Figura III.2.18 Gas L.P. por fuga en tanque de almacenamiento



Figura III.2.19 Diésel por incendio tipo pool fire en tanque de 60 m³



Figura III.2.20 Formación de nube tóxica de Diésel

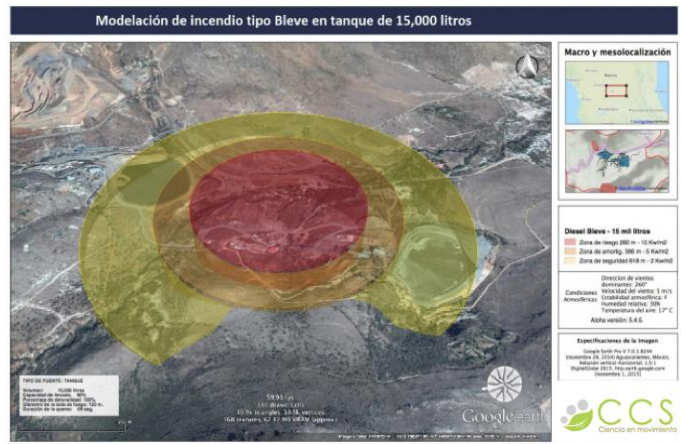


Figura III.2.21 Diésel por incendio tipo BLEVE en tanque de 15 m³



Figura III.2.22 Diésel por incendio tipo BLEVE en tanques de 60 m³ y 15 m³

III.2.5 Conclusiones y recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos en las modelaciones, para todos los eventos los radios de afectación no rebasaron los linderos de la empresa; la población más cercana se encuentra en zona de seguridad, con excepción del evento de Incendio tipo BLEVE para ambos tanques de Diésel. Por lo que los riesgos identificados se consideran aceptables bajo las condiciones de operación actuales, siempre y cuando se sigan las recomendaciones realizadas.

Por otra parte, con el fin de reducir los riesgos identificados y/o mitigar sus efectos, se establecieron 30 recomendaciones relacionadas con: almacén de cianuro de sodio y área de preparación de solución; tanque de preparación de solución del compuesto; tuberías de solución del compuesto del tanque de preparación a tanques de día; tanques de día; tuberías de solución de compuesto de los tanques de día a recipientes de dosificación; recipientes de dosificación; tuberías de solución de compuesto de recipientes de dosificación a puntos de adición y puntos de adición.

Las recomendaciones más generales que se realizaron fueron:

- Realizar un Plan de Contingencias conocido ampliamente por el personal, que considera eventos de derrame de reactivos, falla de contención, falla de maquinaria y equipo de proceso, errores de operación, falla de servicios, fenómenos naturales y huelga de trabajadores o paro de labores
- Llevar a cabo el mantenimiento e inspección del sistema fijo y portátil contra incendio, equipo de bomberos, sistemas de detección de humo y calor y el sistema de alarma sonora, del equipo de protección personal.
- Capacitar a todo el personal en cuanto a las medidas de seguridad que se deben de seguir y al uso y manejo de sustancias peligrosas
- Realizar simulacros constantes
- Crear un grupo de brigadistas los cuales estén capacitados para primeros auxilios y manejo de derrames de compuestos químicos.

IV. Resultados generales

Todos los proyectos en los que colaboré y en específico las funciones que estuvieron bajo mi responsabilidad fueron entregados en tiempo, forma y con óptimos resultados, en los cuales se vio reflejado mi compromiso hacia la empresa, teniendo un enfoque de servicio, calidad, confianza y profesionalismo.

Debido a la diversidad de clientes y a las distintas problemáticas a estudiar, las metodologías que se aplicaron y que se desarrollaron fueron seleccionadas considerando las características, tipo de proyecto a ejecutar y objeto de estudio. Para el proyecto minero en Baja California se requirió una metodología referente a la evaluación de impacto ambiental que dicho proyecto genera. Por ejemplo, se necesitó evaluar los contaminantes emitidos y su dispersión en la atmósfera por la operación de la mina, por lo tanto, lo más viable fue aplicar una modelación con un software (*Screen View* de la EPA) y realizar la estimación de contaminantes bajo cálculos provenientes del método de factor de emisión. Por otro lado, para el proyecto minero en Aguascalientes, se realizó un Estudio de Riesgo para el cual la principal herramienta que se utilizó fue un software (*ALOHA* EPA) el cual permitió realizar las simulaciones para diferentes escenarios debido a la manipulación de materiales peligrosos a manejar durante la operación de la mina.

Como se había mencionado, la búsqueda de herramientas fue puntual para cada objeto de estudio, además se verificaron que fueran aplicables con base en los estándares ambientales vigentes, que fueran de fácil acceso y manipulación con base a la información proporcionada, investigada y datos recabados. Así mismo, las alternativas y soluciones propuestas fueron acorde a los objetivos de los clientes, de igual forma los resultados obtenidos estuvieron siempre revisados en diversas fuentes bibliográficas con sustento científico y dentro de los parámetros de la legislación ambiental nacional e internacional. Con esto se puede decir que se logró una solución integral de las problemáticas de cada cliente, teniendo en cuenta el cuidado de la biodiversidad y el medio ambiente y el desarrollo social y económico, logrando así el cumplimiento de los objetivos de la empresa.

Durante los 3 años de formar parte de CCS, he ampliado mis conocimientos y el panorama enfocado al área ambiental, he adquirido nuevas habilidades, como la búsqueda y selección de información, experimentar el trabajo por objetivos, generalmente en atmosferas de media y alta presión, así como desarrollarme en un ambiente profesional multidisciplinario. Además, he logrado ampliar mi juicio profesional, interpretar resultados y mejorar mis habilidades para la toma de decisión de diversas áreas de aplicación.

V. Bibliografía

Centro Científico Sustentable. <http://www.ccsmexico.mx/web/inicio.php>

Caterpillar Inc. (2010). *Ficha técnica Camión minero 785C*. Disponible en: <https://www.tracsa.com.mx/fichas-tecnicas/785c.pdf>

Caterpillar Inc. (2018). *Ficha técnica Tractor topador D9T*. Disponible en: https://www.cat.com/es_MX/products/new/equipment/dozers/large-dozers/18238486.html

Caselles Pomares M. J., Gómez Antón M. R., Molero Meneses M., Sardá Hoyo J. (Ed.). (2015). *Química aplicada a la ingeniería*. (pp. 586). [en línea]. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=3IKCAAQBAJ&pg=PA562&lpg=PA562&dq=C10-C21+HC&source=bl&ots=506nxkp8IE&sig=OmFK_kdyPeijpur2_S3rcZo80c&hl=es&sa=X&ved=0CEIQ6AEwBWoVChMlxluipu5xwIVC0qSCh0L1QIL#v=onepage&q=C10C21%20HC&f=false

Centers for Disease Control and Prevention. (CDC). The National Institute For Occupational Safety And Health. (NIOSH). (2015). *Pocket Guide to Chemical Hazards*. [en línea]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/>

Diario Oficial de la Federación. (DOF). (2005, 26 sep.). *NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-SSA1-1993 "Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor Límite Máximo Permissible para la concentración de Partículas Suspendidas Totales (PST), Partículas menores de 10 micrómetros (PM-10) y Partículas menores de 2.5 micrómetros (PM-2.5) de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire."* [en línea]. Disponible en: <http://www.aire.df.gob.mx/descargas/monitoreo/normatividad/NOM-025-SSA1-1993.pdf>

Diario Oficial de la Federación. (DOF). (1990, 28 de mar.). *Primer listado de actividades altamente riesgosas*. Secretaría de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología. [en línea]. Disponible en: <http://www.spabc.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/Acuerdo-por-el-que-se-expide-el-primer-listado-de-actividades-altamente-riesgosas.pdf>

Diario Oficial de la Federación. (DOF). (1992, 4 may.). *Segundo listado de actividades altamente riesgosas*. Secretaria de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología. [en línea]. Disponible en : <http://www.spabc.gob.mx/wp-content/uploads/2016/08/Acuerdo-por-el-que-se-expide-el-segundo-listado-de-actividades-altamente-riesgosas.pdf>

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquía de España. (UDEA). (2012). *Presentación: "Naturaleza química de los combustibles para motores de combustión interna"*. [en línea]. Disponible en: http://ingenieria.udea.edu.co/investigacion/grupogas/docs/NATURALEZA_COMBUSTIBLE_S.pdf

Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. (UNAM). (2016). *Hoja de datos de seguridad de sustancias químicas. Ácido Cianhídrico*. [en línea]. Disponible en: <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2017/05/HDS-Acido-cianhidrico-NOM-018-2015-MARY-MEAG-Hoja-de-datos.pdf>

Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. (UNAM). (2016). *Hoja de datos de seguridad de sustancias químicas. Ácido Nítrico*. [en línea]. Disponible en: <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2017/05/HDS-Acido-nitrico-NOM-018-2015-MARY-MEAG-Hoja-de-datos.pdf>

Petróleos Mexicanos. (PEMEX). (2018). *Hoja de Seguridad Diésel*. [en línea]. Disponible en: <http://www.pemex.com/comercializacion/productos/HDS/gas/HDS%20SAC%20%20Gas%20licuado%20del%20petr%C3%B3leo%20TRI-11%20v1.1.pdf>

Petróleos Mexicano. (PEMEX). (2018). *Hoja de seguridad Gas Licuado del Petróleo*. [en línea]. Disponible en: <http://www.pemex.com/comercializacion/productos/HDS/gas/HDS%20SAC%20%20Gas%20licuado%20del%20petr%C3%B3leo%20TRI-11%20v1.1.pdf>

United States Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. (OSHA). (2016). *Chemical Exposure Health Data*. [en línea]. Disponible en: <https://www.osha.gov/opengov/healthsamples.html>

United States Environmental Protection Agency. (U.S. EPA). (1998). *Compilation of Air Pollutant Emissions Factors AP-42*. [en línea]. Disponible en: <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA) (2012) Areal Locations of Hazardous Atmospheres (ALOHA) (5.4.5) [Software] Disponible en: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S. EPA) (2008) Screen View (3.0.0) [Software] Disponible en: <https://www.weblakes.com/products/screen/index.html>

VI. Anexos

Anexo I. Cálculos de distancias y viajes de la maquinaria para carga y descarga de material

Cálculo de la distancia a recorrerá el Tractor de Cadenas para cargar las 33,000 toneladas de material petreo en los Camiónes de Volteo									
Vehículo	Material Petreo a extraer por día (ton)	Densidad del material petreo (ton/m3)	Volumen del material petreo a extraer por día (m3)	Capacidad del cucharón del Tractor de Cadenas (m3)	No. De cucharadas que da el Tractor de Cadenas	Distancia a recorrer para cada carga (m)	Distancia recorrida por el Tractor de cadenas (m/día)	Distancia recorrida por el Tractor de Cadenas (km/día)	Distancia recorrida por el Tractor de Cadenas (millas/días)
Tractor de Cadenas D9T	40,000	2.65	15,094.34	13.532621	1,115	50	55,770.20	55.77	34.65
Cálculo de la distancia que recorreran los Camiones de Volteo cargados de 33,000 ton de material petreo que transportaran de la Mina (Tajo) a la Planta y/o Tepetateras									
Vehículo	Masa de material a transportar por día (ton)	Capacidad de carga de los camiones de volteo (ton)	Números de viajes necesarios para mover el material por día	Distancia del Tajo a la Planta o Tepeteras (km)	Distancia recorrida por los camiones de volteo cargados (km/día)	Distancia recorrida por los camiones de volteo cargados (millas/días)			
Camión de Volteo Caterpillar 785C cargado	40,000	150	267	1.39	370.67	230.33			
Cálculo de la distancia que recorreran los Camiones de Volteo vacíos para regresar de la Planta y/o Tepetateras a la Mina (Tajo) para cargar material petreo									
Vehículo	Masa de material a transportar por día (ton)	Capacidad de carga de los camiones de volteo (ton)	Números de viajes necesarios para mover el material por día	Distancia de la Planta y/o Tepetateras a la Mina (Tajo) (km)	Distancia recorrida por los camiones de volteo vacíos (km/día)	Distancia recorrida por los camiones de volteo vacíos (millas/días)			
Camión de Volteo Caterpillar 785C vacío	40,000	150	267	1.39	370.67	230.33			
Distancia promedio del Tajo a la Planta y a las Tepetateras Norte, Sur y Suroeste		Dimensiones de ejes Camión Caterpillar 785 C							
Tramo	Distancia (Km.)	Distancia entre ejes	5,180mm	5.18m					
		Ancho total de neumáticos	6,777mm	6.77m					
Tajo-Planta	1.20								
Tajo-Tepetatera Norte	1.60								
Tajo-Tepetatera Sur	0.75								
Tajo-Tepetatera Suroeste	2.00								
Distancia Promedio=	1.39								

Anexo II. Cálculo de razón de emisión para el desmonte del terreno natural

Conversión del Factor de Emisión para *Operaciones de Construcción Pesada (Desmonte)* establecido en la Sección 13.2.3.3 del AP-42 a la Razón de Emisión que necesita el modelo Screen View versión 3.0.0

	Factores de Emisión:	E = 2.69 megagramos (Mg)/hectárea/mes de actividad	
			megagramos = toneladas métricas
		E = 1.2 toneladas/acre/mes de actividad	
	Nota: Si las áreas las tienes en m ² y las quieres transformar a Hectáreas, divide el valor correspondiente a m ² entre 10,000.		
	Nota: Si las áreas las tienes en Hectáreas y las quieres transformar a Acres, multiplica el valor correspondiente a Hectáreas por 2.471.		
	El Factor de Emisión del Ap-42 está en megagramos/hectárea/mes de actividad y el Screen View lo aplica en gramos/segundo/m²		
	Factor de Emisión del AP-42 =	2.69	megagramos/hectárea/mes de actividad
	Como el área a desmontar corresponde a 100 hectáreas, el valor correspondiente al Factor de Emisión por hectárea se multiplica por 100 para tener el Factor de Emisión para 100 hectáreas:		
		269	megagramos/100 hectáreas/mes de actividad
	Para obtener el Factor de Emisión por día, el Factor de Emisión para un mes de actividad, se dividió entre 30 días:		
		8.97	megagramos/100 hectáreas/día de actividad
	Para obtener el Factor de Emisión por hora, el Factor de Emisión para un día de actividad, se dividió entre 24 horas:		
		0.37361	megagramos/100 hectáreas/hora de actividad
	Para obtener el Factor de Emisión por minuto, el Factor de Emisión para una hora de actividad, se dividió entre 60 minutos:		
		0.00622685	megagramos/100 hectáreas/minuto de actividad
	Para obtener el Factor de Emisión por segundo, el Factor de Emisión para un minuto de actividad, se dividió entre 60 segundos:		
		0.00010378	megagramos/100 hectáreas/segundo de actividad
	El Factor de Emisión que esta en megagramos se multiplicó por 1,000 para convertirlo a kilogramos:		
		0.10378	kilogramos/100 hectáreas/segundo de actividad
	El Factor de Emisión que esta en kilogramos se multiplicó por 1,000 para convertirlo a gramos:		
		103.78	gramos/100 hectáreas/segundo de actividad
	El Factor de Emisión para 100 hectáreas se dividió entre 100 para obtener el Factor de Emisión para 1 hectárea:		
		1.0378	gramos/hectárea/segundo de actividad
	Finalmente, el Factor de Emisión para 1 hectárea se dividió entre 10,000 para obtener el Factor de Emisión para 1 metro cuadrado:		
		0.00010378	gramos/m²/segundo de actividad
	Se realiza la corrección del Factor de Emisión para las 0.15 ha a desmontar propuestas por el cliente		
		(0.00010378 gr / 1ha)(0.15 ha/10000m ²)(100000seg)	
		0.00015567	g/m²/seg de actividad

Anexo III. Cálculo de razón de emisión para el movimiento de material pétreo (carga y descarga)

RAZÓN DE EMISIÓN DE PST producidas por el movimiento de material petreo para alimentar al modelo Screen View					
Área	Emisión de PST (kg/día)	Emisión de PST (g/día)	Emisión de PST (g/hr)	Emisión de PST (g/min)	Emisión de PST (g/seg)
Mina (Tajo)	12.93062	12,930.61500	538.77563	8.97959	0.14966
Planta y/o Tepetateras	21.55103	21,551.02500	897.95938	14.96599	0.24943
Emisión Total de PST (g/seg)=					0.39909
Para un área de 200 m2 Tasa de emisión (g/seg/m2)=					0.001995465

Anexo IV. Cálculo de razón de emisión para el tráfico de maquinaria y vehículos transitados en caminos no pavimentados

RAZÓN DE EMISIÓN DE PM-2.5 PRODUCIDAS POR EL TRÁFICO DE MAQUINARIA QUE TRANSITAN SOBRE CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA ALIMENTAR EL MODELO SCREEN VIEW								
Vehículo	Razón de Emisión PM-2.5 (kg/año)	Razón de Emisión PM-2.5 (kg/día)	Razón de Emisión PM-2.5 (g/día)	Razón de Emisión PM-2.5 (g/hr)	Razón de Emisión PM-2.5 (g/min)	Razón de Emisión PM-2.5 (g/seg)	Razón de Emisión PM-2.5 (g/seg)	10% de la Razón de Emisión* (g/seg)
Camión de Volteo Caterpillar 785C cargado	30,494.16	83.55	83,545.64	3,481.07	58.02	0.97	1.74094441	0.174094441
Camión de Volteo Caterpillar 785C vacío	24,408.27	66.87	66,871.96	2,786.33	46.44	0.77		
Tractor de Cadenas D9T	2,197.18	6.02	6,019.67	250.82	4.18	0.07		
Para 35 m2 Factor de emisión(g/m2/seg)							0.00497413	
RAZÓN DE EMISIÓN DE PM-10 PRODUCIDAS POR EL TRÁFICO DE MAQUINARIA QUE TRANSITAN SOBRE CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA ALIMENTAR EL MODELO SCREEN VIEW								
Vehículo	Razón de Emisión PM-10 (kg/año)	Razón de Emisión PM-10 (kg/día)	Razón de Emisión PM-10 (g/día)	Razón de Emisión PM-10 (g/hr)	Razón de Emisión PM-10 (g/min)	Razón de Emisión PM-10 (g/seg)	Razón de Emisión PM-10 (g/seg)	10% de la Razón de Emisión* (g/seg)
Camión de Volteo Caterpillar 785C cargado	304,941.58	835.46	835,456.38	34,810.68	580.18	9.67	18.106165	1.81061651
Camión de Volteo Caterpillar 785C vacío	244,082.65	668.72	668,719.59	27,863.32	464.3886051	7.74		
Tractor de Cadenas D9T	21,971.79	60.20	60,196.69	2,508.20	41.80	0.70		
Para 35 m2 Factor de emisión(g/m2/seg)							0.051731900	
RAZÓN DE EMISIÓN DE PST PRODUCIDAS POR EL TRÁFICO DE MAQUINARIA QUE TRANSITAN SOBRE CAMINOS NO PAVIMENTADOS PARA ALIMENTAR EL MODELO SCREEN VIEW								
Vehículo	Razón de Emisión de PST (kg/año)	Razón de Emisión de PST (kg/día)	Razón de Emisión de PST (g/día)	Razón de Emisión de PST (g/hr)	Razón de Emisión de PST (g/min)	Razón de Emisión de PST (g/seg)	Razón de Emisión de PST (g/seg)	10% de la Razón de Emisión* (g/seg)
Camión de Volteo Caterpillar 785C cargado	1,067,269.08	2,924.02	2,924,024.88	121,834.37	2,030.57	33.84	63.3700078	6.337000775
Camión de Volteo Caterpillar 785C vacío	854,268.11	2,340.46	2,340,460.59	97,519.19	1,625.32	27.09		
Tractor de Cadenas D9T	76,899.37	210.68	210,683.21	8,778.47	146.31	2.44		
Para 35 m2 Factor de emisión(g/m2/seg)							0.1810571650	

