

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LODOS DISPUESTOS EN
PISCINAS DE CAMPO COLORADO COMO PRIMERA FASE DE UN PROCESO
DE REMEDIACIÓN.**

**JUAN CAMILO CELY SALAZAR
JACKSON FABIAN RIVERA PÉREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2013

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LODOS DISPUESTOS EN
PISCINAS DE CAMPO COLORADO COMO PRIMERA FASE DE UN PROCESO
DE REMEDIACIÓN.**

**JUAN CAMILO CELY SALAZAR
JACKSON FABIAN RIVERA PÉREZ**

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero de Petróleos

Director:

Ing. OSCAR FERNANDO LÓPEZ SILVA

Codirectores:

Tec. ALEXANDER BELTRÁN BARRERA

Biol. INGRITH CAROLINA FLÓREZ GARCÍA

Ing. LUCIA MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2013

*A Dios por todo lo que me regala cada día
y por permitir hacer uno de mis sueños
realidad.*

*A mis padres quienes con mucho sacrificio me dieron
la oportunidad de estudiar y con ayuda de
sus consejos me formaron con valores y principios.*

*A mi hermana Eli porque sin ella y sin su apoyo
No hubiese logrado tantas cosas, Dios te bendiga por siempre.*

*A mis amigos Alan y Leidy por su incondicional apoyo y
desinteresada amistad, gracias por todo
los llevo en el corazón.*

*A todas las personas que permitieron que llegara
hasta donde he llegado nunca sobrarán
los agradecimientos, y a la Universidad Industrial de Santander
mi segundo hogar.*

JACKSON FABIAN RIVERA PEREZ

*Agradezco a mis padres, abuelos,
familiares y allegados quienes me enseñaron
las virtudes y habilidades que hicieron de mí un
hombre íntegro y de propósitos.*

*Agradezco aquellas personas quienes
desinteresadamente abrieron sus puertas dotándome
de conocimientos y experiencias
que aportaron al desarrollo y éxito de este proyecto
el cual es un reflejo de haber hecho un trabajado
arduo y dedicado.*

*Como dijo Pitágoras "Con orden y tiempo se
encuentra el secreto de hacerlo todo,
y de hacerlo bien".*

JUAN CAMILO CELY SALAZAR

AGRADECIMIENTOS

El trabajo de grado es la unión de esfuerzos de muchas personas, es el trabajo en equipo y el reflejo de valores como el respeto y la tolerancia que traen un resultado que no es fácil y no sería posible sin esas personas que creyeron en nosotros y permitieron trabajar junto a ellos. Los autores del presente trabajo se permiten expresar sus agradecimientos a las siguientes personas:

El ingeniero **OSCAR FERNANDO LOPEZ SILVA**, director de este programa, quien nos guio, recomendó y sugirió lo mejor para la realización de este proyecto.

La ingeniera **LUCIA MARTINEZ GELVEZ**, líder HSEQ de Campo Escuela Colorado quien nos brindó su apoyo incondicional y nos ayudó a superar los inconvenientes que se presentaron a lo largo del proyecto.

EL geólogo **RICARDO RESTREPO** de la Universidad Santo Tomas que apporto sus experiencias laborales para el desarrollo detallado de cada objetivo propuesto por los autores.

Nuestros codirectores **INGRITH CAROLINA FLOREZ CONTRERAS** y **ALEXANDER BELTRAN BARRERA** por ser los promotores del proyecto, por su valiosa colaboración, sugerencias y recomendaciones.

A **CAMPO ESCUELA COLORADO** por darnos la oportunidad de trabajar con ustedes y para ustedes, por el apoyo económico y profesional que permitieron conseguir el resultado obtenido.

A la **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**, por ofrecerme la oportunidad de ser un ingeniero.

RESUMEN

TÍTULO: Caracterización físico-química de lodos dispuestos en piscinas del campo colorado como primera fase de un proceso de remediación.

AUTORES: Jackson Fabián Rivera Pérez**
Juan Camilo Cely Salazar

PALABRAS CLAVE: Remediación, Caracterización Físicoquímica, Piscinas de lodo, Residuos peligrosos, Evaluación de riesgos ambientales.

CONTENIDO

Como respuesta a la creciente contaminación del suelo generada por depósitos de residuos relacionados con actividades del petróleo, a diario se implementan diversos sistemas encaminados a la limpieza y recuperación de las áreas impactadas por contaminantes orgánicos basados en procesos de caracterización físicoquímica del contaminante (lodo de perforación) dispuestos en el suelo o específicamente en lugares conocidos como sumideros o piscinas de lodo.

En el capítulo 4 se muestra la iniciativa que hizo posible este trabajo y los respectivos objetivos que se plantearon al inicio del proyecto. En el capítulo 5 se muestran características específicas de cada piscina no remediada de Campo Colorado (dimensión, ubicación geográfica y estado de las piscinas) con representaciones gráficas de cada ubicación desarrolladas en AutoCAD y modificadas por el autor. En el capítulo 6 se lleva a cabo un diseño simple y económico de la herramienta de muestreo con algunas indicaciones de uso, capaz de extraer la cantidad de muestra necesaria para realizar pruebas de laboratorio teniendo en cuenta la normatividad establecida en el decreto número 4741 del 2005, por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral que determinan la concentración de cada contaminante, al mismo tiempo se lleva a cabo una evaluación de riesgos ambientales de cada piscina (capítulo 7 y capítulo 8 respectivamente).

Finalmente en el capítulo 9 se propone una técnica de remediación basada en los datos obtenidos en el laboratorio y en las características específicas de cada piscina, incluyendo costos operacionales.

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Ing. Oscar Fernando López Silva. Codirectores: Tec. Alexander Beltrán Barrera; Biol. Ingrith Carolina Flórez García, Ing. Lucia Martínez

ABSTRACT

TITLE: Physicochemical characterization of mud pools arranged on the Colorado field as a first phase of a remediation process^{*}.

AUTHORS: Jackson Fabian Rivera Perez^{**}
Juan Camilo Cely Salazar

KEYWORDS: Remediation, physicochemical characterization, mud pools, Hazardous Waste, Environmental Risk Assessment.

DESCRIPTION:

In response to increasing soil pollution caused by waste deposits related to petroleum activities, daily implemented various schemes aimed at cleaning and recovery of the areas impacted by organic pollutants based on physicochemical characterization processes of contaminant (drilling mud) arranged on the ground or at locations known specifically as sinks or mud pools.

In Chapter 4 is shown the initiative that made this work possible and respective goals established at the beginning of the project. In Chapter 5 shows specific characteristics of each not remedied pool of the Colorado field (size, location and condition of the pools) with graphical representations of each location in AutoCAD developed and modified by the author. In chapter 6 is done simple and economical design of the sampling tool with some indications of use, able to extract the amount of sample needed for laboratory testing considering the standards established by the decree number 4741 of 2005 , by partially regulating the prevention and management of waste or hazardous waste generated in the framework of the comprehensive management that determine the concentration of each pollutant simultaneously performs environmental risk assessment of each pool (chapter 7 and chapter 8 respectively).

Finally in chapter 9 is proposed remediation technique based on data obtained in the laboratory and in the specific characteristics of each pool, including operational costs.

^{*} Draft Grade

^{**} Faculty of Engineering and Physical Chemistry. School of Petroleum Engineering. Director: Mr. Oscar Lopez Fernando Silva. Co-Directors: Alexander Beltrán Tec Barrera; Biol Ingrith Carolina Flórez García, Mr. Lucia Martínez

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	26
1. GENERALIDADES DE CAMPO COLORADO	28
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL	28
1.1.1 Ubicación geográfica de Campo Colorado	28
1.2 RESEÑA HISTÓRICA	30
2. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES LODOS DE PERFORACIÓN	33
2.1 PASIVO AMBIENTAL	33
2.2 TOXICIDAD DE LODOS	37
2.3 TOXICIDAD DE ADITIVOS	38
2.4 TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN	39
2.5 CLASIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN	40
2.5.1 Lugar de realización del proceso de remediación	40
2.5.2 Tipo de tratamiento	42
3. REFERENCIA LEGAL PARA EL MANEJO Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS PRODUCTO DE ACTIVIDADES PETROLERAS	44
3.1 DECRETO NÚMERO 4741 DE 2005 - 30 DIC 2005	44
3.1.1 Capítulo I: Objeto y alcance	44
3.1.2 Capítulo II: Clasificación, caracterización, identificación y presentación de los residuos o desechos peligrosos	45
3.1.3 Capítulo III: De las obligaciones y responsabilidades	47
3.1.4 Capítulo VIII: Prohibiciones, Artículo 32°	48
3.1.5 Capítulo IX: Disposiciones finales	48
4. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE PISCINAS DE LODO NO REMEDIADAS DEL CAMPO COLORADO	50
5. PROCESO Y DISEÑO DE HERRAMIENTA DE MUESTREO	67

5.1 FACTORES ASOCIADOS A LOS OBJETIVOS DEL PROCESO DE MUESTREO Y LOS CONTAMINANTES PRESENTES EN LA MUESTRA EXTRAÍDA DE LAS PISCINAS DE LODO.	67
5.1.1 Extensión espacial de la contaminación	67
5.1.2 Medios a muestrear	67
5.1.3 Naturaleza de los compuestos a investigar	68
5.2 FACTORES ASOCIADOS A LAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO A INVESTIGAR	68
5.3 FACTORES OPERATIVOS	69
5.3.1 Accesibilidad y orografía del terreno	69
5.3.2 Permisos	69
5.3.3 Seguridad y salud laboral	69
5.4 PLANIFICACIÓN DE TRABAJO DE MUESTREO DE CADA PISCINA	70
5.5 TÉCNICA DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS EN SUELOS IMPREGNADOS CON LODO	70
5.6 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LLEVAR A CABO EL PROCESO DE MUESTREO.	71
5.6.1 Sonda manual de media caña	73
5.6.2 Sonda de pistón	73
5.7 DISEÑO DE HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE PISCINAS NO REMEDIADAS DEL CAMPO COLORADO.	75
5.7.1 Pesa	75
5.7.2 Muestreador	75
5.7.3 Cabezal	76
5.7.4 Travesañ	76
5.7.5 Barra lisa	76
5.8 CORRIDA DE HERRAMIENTA Y TOMA DE MUESTRAS.	78
6. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE MUESTRAS DE LODO EXTRAÍDAS DE PISCINAS NO REMEDIADAS DE CAMPO COLORADO	81

7. EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES EN PISCINAS DE LODO DE CAMPO COLORADO	83
7.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES	84
7.2 ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL.	92
7.3 ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD / FRECUENCIA DEL RIESGO AMBIENTAL	98
7.4 ESTIMACIÓN DE LA GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS DEL RIESGO AMBIENTAL	114
7.5 EVALUACIÓN EL RIESGO AMBIENTAL	158
7.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS SEGÚN LA EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL PARA CADA PISCINA NO REMEDIADA DE CAMPO COLORADO.	173
7.6.1 Análisis de resultados, colorado 22	175
7.6.2 Análisis de resultados, colorado 18	176
7.6.3 Análisis de resultados, colorado 13	176
7.6.4 Análisis de resultados, colorado 14	177
7.6.5 Análisis de resultados, colorado 29	178
7.6.6 Análisis de resultados, colorado 26	178
7.6.7 Análisis de resultados, colorado 28	179
7.6.8 Análisis de resultados, colorado 63	179
7.6.9 Análisis de resultados, colorado 50	180
7.6.10 Análisis de resultados, colorado 66	181
7.6.11 Análisis de resultados, colorado 72	181
7.6.12 Análisis de resultados, colorado 71	182
7.6.13 Análisis de resultados, colorado 65	183
7.6.14 Análisis de resultados, colorado 43	183
8. PROPUESTA DE REMEDIACIÓN DE PISCINAS DE LODO DE CAMPO COLORADO	187
8.1 PERSPECTIVA DE CONTAMINANTES	188
8.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO	203

8.2.1 Aplicabilidad	205
8.2.2 Limitaciones	205
8.2.3 Datos necesarios	206
8.2.4 Costos	206
8.2.5 Eficiencia del lavado de suelos	208
9. RESULTADOS	211
9.1 CONCLUSIONES	211
9.2 RECOMENDACIONES	212
BIBLIOGRAFÍA	214
ANEXOS	217

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de Campo Colorado	29
Figura 2. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, MOJADA.	52
Figura 3. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 22	53
Figura 4. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 18	54
Figura 5. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 13	55
Figura 6. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 14	56
Figura 7. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 29	57
Figura 8. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 26	58
Figura 9. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 28	59
Figura 10. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 63	60
Figura 11. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 50	61
Figura 12. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 66	62
Figura 13. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 72	63

Figura 14. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 71	64
Figura 15. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 65	65
Figura 16. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO 43	66
Figura 17. Sonda manual de media caña.	74
Figura 18. Sonda de pistón.	74
Figura 19. Diseño herramienta de muestreo	77
Figura 20. Paso 1	79
Figura 21. Paso 2	79
Figura 22. Paso 3	80
Figura 23. Paso 4	80
Figura 24. Matriz de evaluación de riesgos	158
Figura 25. Tabla periódica, clasificación de los elementos químicos según la peligrosidad.	173
Figura 26. Proceso del tratamiento lavado de suelos.	206
Figura 27. Diagrama de barras de costos por cada piscina a remediar de Campo Colorado.	208

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Identificación de riesgos ambientales, río la colorada.	88
Fotografía 2. Identificación de riesgos ambientales, familia Sánchez.	89
Fotografía 3. Identificación de riesgos ambientales, escuela los colorados.	89
Fotografía 4. Identificación de riesgos ambientales, familia Gómez.	90
Fotografía 5. Identificación de riesgos ambientales.	91
Fotografía 6. Identificación de riesgos ambientales.	91
Fotografía 7. Lavado de suelos contaminados	202

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación in situ y ex situ	41
Tabla 2. Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación, clasificadas de acuerdo con el tipo de tratamiento.	43
Tabla 3. Análisis fisicoquímico de muestras de lodo	82
Tabla 4. Reporte de piscinas de lodo del campo colorado	86
Tabla 5. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental, COLORADO	22 93
Tabla 6. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental, MOJADA	94
Tabla 7. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental, COLORADO 72, 66, 50, 18, 13, 26, 63 y 65	95
Tabla 8. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental, COLORADO 71 y 43	96
Tabla 9. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental, COLORADO 14 y 29	97
Tabla 10. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 22.	99
Tabla 11. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, MOJADA.	100
Tabla 12. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 18.	101
Tabla 13. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 13.	102
Tabla 14. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 14.	103

Tabla 15. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 29.	104
Tabla 16. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 26.	105
Tabla 17. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 28.	106
Tabla 18. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 63.	107
Tabla 19. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 50.	108
Tabla 20. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 66.	109
Tabla 21. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 72.	110
Tabla 22. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 71.	111
Tabla 23. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 65.	112
Tabla 24. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 43.	113
Tabla 25. Gravedad sobre el entorno natural	114
Tabla 26. Gravedad sobre el entorno humano	115
Tabla. 27. Gravedad sobre el entorno socioeconómico	115
Tabla 28. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural , COLORADO 22.	116
Tabla 29. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 22.	117
Tabla 30. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 22.	118

Tabla 31. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 18.	119
Tabla 32. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 18.	120
Tabla 33. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 18.	121
Tabla 34. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 13.	122
Tabla 35. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 13.	123
Tabla 36. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 13.	124
Tabla 37. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 14.	125
Tabla 38. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 14.	126
Tabla 39. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 14.	127
Tabla 40. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 29.	128
Tabla 41. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 29.	129
Tabla 42. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 29.	130
Tabla 43. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 26.	131
Tabla 44. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 26.	132
Tabla 45. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 26.	133

Tabla 46. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 28.	134
Tabla 47. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 28.	135
Tabla 48. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 28	136
Tabla 49. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 63.	137
Tabla 50. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 63.	138
Tabla 51. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 63.	139
Tabla 52. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 50.	140
Tabla 53. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 50	141
Tabla 54. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 50.	142
Tabla 55. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 66.	143
Tabla 56. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 66.	144
Tabla 57. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 66.	145
Tabla 58. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 72.	146
Tabla 59. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 72.	147
Tabla 60. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 72.	148

Tabla 61. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 71.	149
Tabla 62. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 71	150
Tabla 63. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 71.	151
Tabla 64. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 65.	152
Tabla 65. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 65	153
Tabla 66. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 65.	154
Tabla 67. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Natural, COLORADO 43.	155
Tabla 68. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Humano, COLORADO 43.	156
Tabla 69. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias- Entorno Socioeconómico, COLORADO 43.	157
Tabla 70. Tabla de colores para determinar el grado de complejidad de un riesgo.	158
Tabla 71. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 22.	159
Tabla 72. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 18.	160
Tabla 73. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 13.	161
Tabla 74. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 14.	162
Tabla 75. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 29.	163
Tabla 76. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 26.	164
Tabla 77. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 28.	165
Tabla 78. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 63.	166
Tabla 79. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 50.	167
Tabla 80. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 66.	168

Tabla 81. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 72.	169
Tabla 82. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 71.	170
Tabla 83. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 65.	171
Tabla 84. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 43.	172
Tabla 85. Tabla de colores para clasificar los elementos químicos según la peligrosidad.	174
Tabla 86. Elementos característicos TCLP y niveles de regulación.	184
Tabla 87. Rango permitido de cada contaminante en tierra agrícola.	189
Tabla 88. Esquema de contaminantes que exceden los niveles máximos permisibles.	190
Tabla 89. Matriz de tecnologías de tratamiento para combustibles.	191
Tabla 90. Matriz de tecnologías de tratamiento para inorgánicos.	193
Tabla 91. Definición de símbolos usados en la matriz de tecnologías de tratamientos.	194
Tabla 92. Análisis de costos por piscina	207

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A Piscinas de lodo remediadas de Campo Colorado	218
ANEXO B. Permiso de campo Escuela Colorado para trabajar con las piscinas de lodo no remediadas	227
ANEXO C. Elementos necesarios para determinar: dimensión, ubicación y estado de las piscinas de lodo de Campo Colorado	228
ANEXO D. Herramienta de muestreo 3D	231
ANEXO E. Protección personal para la toma de muestras de piscinas de lodo de Campo Colorado	232
ANEXO F. Corrida de herramienta y toma de muestras	234
ANEXO G. Lista de residuos o desechos peligrosos por procesos o actividades	237
ANEXO H. Análisis físico-químicos	241

INTRODUCCIÓN

Con la expedición de la Constitución Política de Colombia (1991), se da prioridad a los principios relacionados con los deberes y derechos del estado y los particulares en relación con la conservación ambiental. El ministerio de medio ambiente establece los límites máximos permisibles de emisión, descarga, transporte o depósito de sustancias, productos, compuestos o cualquier otra materia que pueda afectar el medio ambiente o los recursos naturales renovables; del mismo modo, prohibir, restringir o regular la fabricación, distribución, uso, disposición o vertimiento de sustancias causantes de degradación ambiental.

En el Campo Colorado al igual que en otros sitios del país se han encontrado lugares que han sido utilizados como depósitos de residuos de actividades petroleras que representan un riesgo para el hombre y el entorno. La peligrosidad de los residuos generados por dichas actividades no solo radica en su composición o el contacto que se tenga con ellos, los lugares donde éstos se depositan también representan un riesgo que puede acarrear problemas legales (multas, suspensión de actividades, cierre de instalaciones), sociales, económicos y ambientales. Por esta razón, es necesario utilizar tecnologías de remediación que contribuyan a mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en Campo Colorado y evitar los efectos negativos hacia el ambiente. El uso de una tecnología de remediación en particular depende, además de los factores específicos del sitio y de su disponibilidad o de su costo, de las propiedades fisicoquímicas del contaminante, que permita contar con mayor información acerca de su concentración y toxicidad.

Antes de llevar a cabo el proceso de caracterización fisicoquímica de cada residuo es importante, al igual que el diagnóstico de cada lugar afectado, realizar una evaluación de riesgos ambientales precisa, clara y concisa sobre cada una de las piscinas no remediadas de campo que realmente generan un peligro significativo,

cuyo objetivo es brindar toda la información necesaria, para que de forma sistemática y rigurosa se apliquen todas las medidas sociales y ambientales correspondientes.

1. GENERALIDADES DE CAMPO COLORADO [1]

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

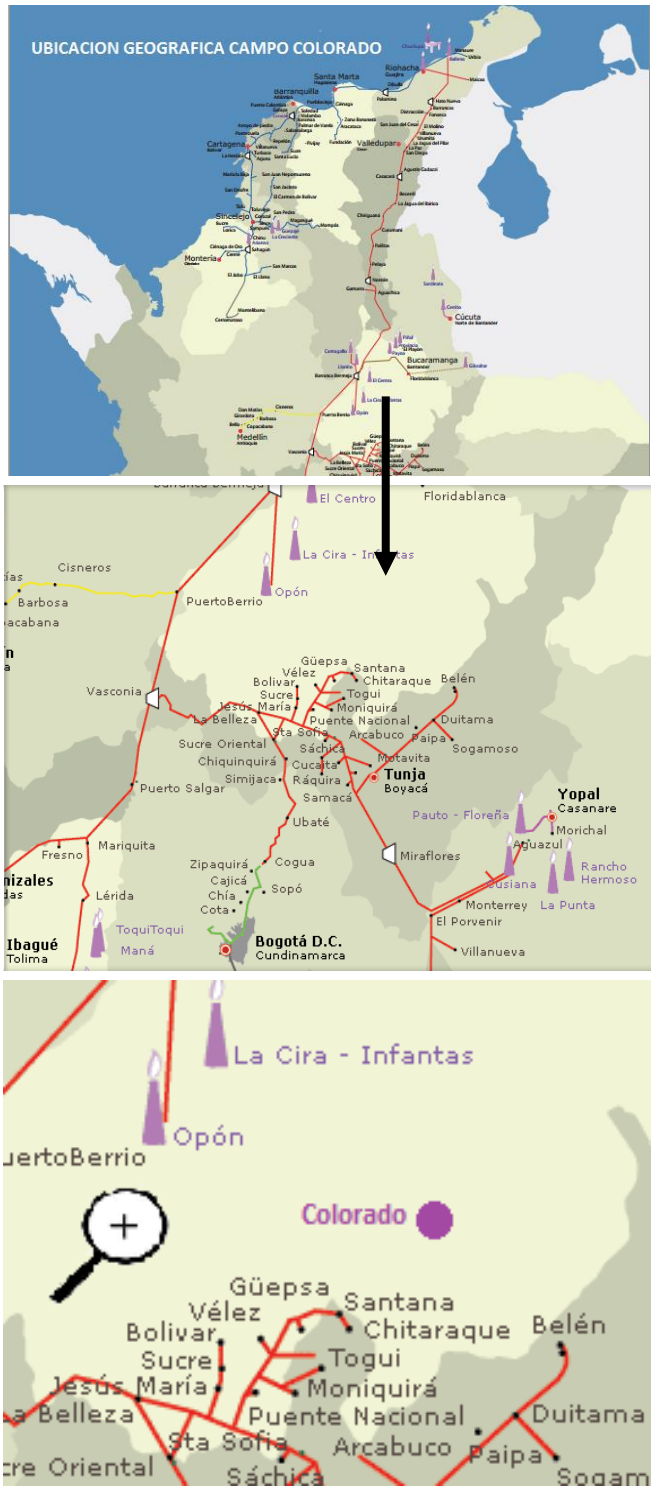
Campo Escuela Colorado es considerado como una entidad académica administrativa de carácter científico, tecnológico y de operación de hidrocarburos, producto de un convenio interadministrativo de cooperación empresarial, con fines académicos e investigativos, realizado entre la Universidad Industrial de Santander (UIS) y la empresa colombiana de petróleos Ecopetrol S.A. por un periodo de 10 años prorrogables.

La Universidad Industrial de Santander tiene la finalidad de que la industria del sector de hidrocarburos establezca la articulación académica- industria que permita experimentar y desarrollar nuevas tecnologías orientadas al aumento de la producción del petróleo de forma limpia y eficiente en todo el país.

1.1.1 Ubicación geográfica del campo colorado. El campo colorado se encuentra localizado en la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM), al sureste del municipio de Barrancabermeja (Santander) y al sur del Campo La Cira– Infantas de Ecopetrol S.A, en jurisdicción de los municipios de San Vicente de Chucurí, Carmen de Chucurí y Simacota en el departamento de Santander (Figura 1)¹.

¹ Diagnóstico y estrategias de recobro. ECOPETROL-ICP.2003

Figura 1. Ubicación geográfica de Campo Colorado



Fuente: www.ecopetrol.com.co, Modificado por los autores.

1.2 RESEÑA HISTÓRICA²

La exploración se realizó entre los años de 1923 a 1932 cuando se perforaron 7 pozos, de los cuales todos, excepto el N°7, fueron abandonados por problemas mecánicos. En febrero 11 de 1932 y con el abandono del pozo Colorado 0006 se finalizó la primera fase exploratoria.

Posteriormente se realizaron estudios superficiales; se hicieron levantamientos gravimétricos. El 3 de Septiembre de 1945 se empezó a perforar el pozo Colorado 0009 al cual se le realizaron pruebas adecuadas que aportaron resultados satisfactorios, estos alentaron a la TROCO a programar perforaciones para el lapso (1945-1946) perforando un total de 8 pozos.

Entre los años de 1953 a 1964 ECOPETROL desarrolló completamente el campo, mediante la perforación de 60 pozos para un total de 75 pozos perforados en la estructura.

En el año de 1961 alcanzó la máxima producción, con un caudal de 1771 BOPD, declinando rápidamente, hasta llegar a un valor de 467 BOPD en 1966/04, caracterizándose este periodo por la pérdida de pozos productores debido a diferentes problemas mecánicos como el taponamiento de las líneas por parafinas. El máximo número de pozos activos se alcanzó en 1963 con un total de 44 pozos.

A partir de 1966 y hasta el año de 1976 se mantuvo con una producción promedio de 670 BOPD. Desde 1976 se empezó a notar un aumento en la declinación, pasando de 692 BOPD en 1976/06 a 47 en 1980/06. Durante un periodo el comportamiento de la producción de aceite en el campo se caracterizó por una fuerte declinación, la cual se mantuvo desde el año de 1994, hasta mediados del año 2010. Este periodo se caracterizó por la pérdida de pozos productores.

² Diagnóstico y estrategias de recobro. ECOPETROL-ICP.2003

El 25 de Enero de 2006 la Ecopetrol S.A, firma con la Universidad Industrial de Santander (UIS), un convenio entre las dos partes, para la operación del Campo Colorado. Una vez puesto en marcha el proyecto, se integraron estudiantes y docentes de diferentes facultades, los cuales han sido partícipes y gestores de las actividades emprendidas para operar y desarrollar el Campo Colorado.

El 1 de Junio de 2006, ECOPETROL S.A hizo entrega formal del campo al ente universitario.

Como resultado de esta alianza, la UIS ve fortalecido su accionar institucional al contar con un Campo que le permita el fomento de la práctica, y así mismo desplegar con mayor energía sus propuestas en las áreas de investigación y formación, mientras que Ecopetrol S.A., consolida su política de desarrollo e innovación tecnológica y de formación de funcionarios y del personal de operación de la industria petrolera al establecer un escenario propicio para la generación de nuevas técnicas y posibilidades de mejoramiento de la producción de crudo en el país.

En el año 2009, la Universidad Industrial de Santander (UIS) firmó un convenio de cooperación tecnológica con la empresa WEI LTD, con el objetivo de reforzar la capacidad tecnológica para las actividades operativas de Campo Escuela Colorado, con el fin de reactivar el mismo.

Hoy en día, Campo Escuela Colorado es operado por la Universidad Industrial de Santander (UIS), con el apoyo de la entidad WEIL GROUP como el resultado del convenio de cooperación anteriormente citado.

Actualmente, el proyecto contempla la reactivación de 36 pozos inactivos, 24 pozos operando, 17 pozos abandonados, y 12 pozos esperando equipo de varilleo.

Campo Escuela Colorado ejecuta sus trabajos junto a la academia y al servicio de la industria con responsabilidad social y en armonía con el ambiente.

2. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES LODOS DE PERFORACIÓN

2.1 PASIVO AMBIENTAL [2]

El pasivo ambiental es el conjunto de los daños ambientales, en términos de contaminación del agua, del suelo, del aire, del deterioro de los recursos y de los ecosistemas, producidos por una empresa durante su funcionamiento ordinario a lo largo de su historia.

El cálculo monetario del pasivo ambiental o la valoración monetaria de los daños ambientales, es muy discutible y arbitraria por dos razones. Primero, porque los ecosistemas y su interacción con la sociedad humana son muy difíciles de predecir. Pero lo que queda claro es que estas interacciones pueden alterar notablemente el equilibrio del ecosistema y conducir a cambios irreversibles en las pautas de desarrollo.³

La segunda razón es que la expresión de los daños ambientales en términos monetarios tiene límites estructurales inevitables si se acepta la idea de inconmensurabilidad de valores, es decir la “ausencia de una unidad común de medida aplicable a valores plurales: ¿cuál es el valor monetario de una vida humana? ¿Cuál es el valor de la degradación de un paisaje, de la reducción de biodiversidad, de la pérdida de la identidad cultural propia, de la emigración forzada o de las enfermedades sufridas? La inconmensurabilidad obliga a replantearse el concepto de compensación desde su fundamento. Se puede preguntar si ante los daños que se producen en la salud, en la destrucción de un contexto cultural o en la degradación irreversible del medio ambiente, es adecuada, pertinente y útil una compensación monetaria.

³ CHAVAS J., 2000, *Ecosystem valuation under uncertainty & irreversibility*, en *Ecosystems*, 3,11-15

Hay comunidades enteras que se oponen a la valoración monetaria. Los U'wa en Colombia, por ejemplo, rechazan, como muchas otras comunidades indígenas del país, compensaciones monetarias como las que ofrece la compañía "Occidental Petroleum" para la perforación y extracción del petróleo, que ellos conciben como la "violación del cuerpo sagrado de la madre tierra".⁴

Es importante destacar por tanto que la evaluación monetaria de daños ambientales es altamente arbitraria, ya que las cifras que surgen de las valoraciones monetarias dependen principalmente de las suposiciones y de la metodología utilizada. Seguramente no reflejan el valor total de las pérdidas sufridas y, además, muchos daños nunca podrán ser recuperados ni compensados.

El concepto de pasivo ambiental, expresado como el conjunto de daños provocados a lo largo de la historia de una empresa, no existe en la legislación de ningún país, aunque los daños ambientales puedan ser perseguidos bajo la legislación penal, civil y, en algunos países, ambiental.

El problema de individualizar la responsabilidad es particularmente difícil cuando las empresas pasan por diferentes propietarios o cuando cierran. En este caso, ni los antiguos propietarios ni los nuevos quieren hacerse cargo de los daños provocados en el pasado y el Estado en muchas ocasiones no tiene los recursos ni la voluntad política para hacerlo.⁵

El tema de los pasivos ambientales en Colombia actualmente es una realidad compleja, debido a la diversidad de impactos a regular, condiciones políticas, económicas y sociales vigentes en el país, capacidad actual de regulación y su respectivo cumplimiento por parte de entidades ambientales, entorno ambiental

⁴ Disponible en: http://www.ran.org/ran_campaigns/beyond_oil/OXY

⁵ MARTINEZ-ALIER J., 2001, *mining conflicts, environmental justice and valuation*, en *Journal of Hazardous Materials*, 83,153-170.

internacional en el que se encuentra inmerso el país y la variedad de actores involucrados en el problema (tanto generadores de daños como víctimas de los mismos). Con respecto a la solución costo-efectiva al problema de regulación de pasivos ambientales, existe un acuerdo entre todos los expertos en regulación ambiental: “la inversión en abatimiento y reducción de la contaminación es preferible a la solución de internalización de los costos sociales generados por las externalidades ambientales”.⁶

En ocasiones resulta difícil emprender medidas regulatorias exitosas por la falta de recursos financieros para implementar estrategias en monitoreo y seguimiento de medidas legales ambientales; se cuenta con baja capacidad técnica, carencia de información y poca experiencia en procesos regulatorios. Es decir, antes de diseñar regulaciones ambientales, es indispensable asegurar las condiciones necesarias para implementar de manera exitosa una regulación ambiental.

El Campo Colorado al igual que otros campos de Colombia y el mundo posee problemas ambientales producto de residuos generados hace varias décadas por actividades de la industria petrolera que no han sido remediados oportunamente y representan un riesgo ambiental que pueden acarrear problemas legales, sociales, económicos y ambientales.

Entre los organismos más afectados por esta situación se encuentran las plantas, las cuales pueden estar directamente perjudicadas en sus procesos fisiológicos por el contacto con estos contaminantes (hidrocarburos), al igual que el suelo que puede degradarse al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Los efectos desfavorables que producen los contaminantes en el suelo son (Porta, 1994):

⁶ Es una señal clara que se debe seguir una estrategia para el diseño de políticas ambientales que incentiven a los sectores económicos a invertir en abatimiento y reducción de la contaminación, en lugar de recuperar, limpiar y restaurar ambientes naturales degradados por violación de estándares ambientales.

- Destrucción del poder de autodepuración por procesos de regeneración biológica normales, al superarse la capacidad de aceptación del suelo.
- Disminución del rendimiento de los cultivos con posibles cambios en la composición de los productos con riesgo para la salud de los consumidores, al entrar determinados elementos en la cadena trófica
- Contaminación de las aguas superficiales y freáticas por procesos de transferencia.
- Disminución de las funciones de soporte de actividades de esparcimiento. Los espacios contaminados presentan problemas de salubridad para los usuarios.

Aunque las fuentes de contaminación al medio ambiente son provocadas por diversas actividades antropogénicas como: la minería, actividades agrícolas, actividades industriales, instalación de servicios, uso de aguas residuales en irrigación de campos agrícolas, basureros a cielo abierto, metales pesados; las intensas actividades petroleras incluidas aquellas donde existe una vulnerabilidad ecológica, han contribuido a una severa contaminación por hidrocarburos y otro tipo de sustancias potencialmente tóxicas, que han penetrado al suelo y contaminado los cuerpos de agua (Garbisu y Alkorta, 2001; Medina, 2001; Porta, 1994).

En la perforación exploratoria de petróleo y gas, se generan cientos de miles de pies cúbicos de desechos tóxicos que son vertidos en el ambiente sin ningún tratamiento, en ellos se han identificado la presencia de arsénico, benceno, cloruro, cadmio, cromo⁺⁶, boro, sodio, bario y plomo, los cuales pueden dañar (algunos gravemente) la salud del hombre y someter a grandes riesgos el ambiente.

De tales desechos – recortes de perforación impregnados de lodo, lodos gastados, sobrantes de lodos, aguas con lubricantes y otras sustancias (tales como las empleadas en limpieza del equipo de perforación), residuos de las operaciones de

cementación, entre otros- el componente más abundante y tóxico corresponde a los lodos de perforación (sobrantes, gastados, recortes impregnados) [3].

2.2 TOXICIDAD DE LODOS

Los lodos más tóxicos son los que presentan gasóleo (diesel) o petróleo crudo como fase continua. Muchos de los lodos cuya fase continua es material sintético (sugeridos como alternativa para disminuir los grandes efectos contaminantes de los lodos con aceite como fase continua) son tóxicos.

Los lodos bajos en sólidos, tipo KCl/ polímeros, que han tenido gran aplicación por su habilidad para resolver la inestabilidad de los pozos por presencia de “shales” problemáticos (situación muy común en perforaciones costa afuera), son hoy considerados- entre los lodos base agua – como uno de los más contaminantes.

“Los lodos dispersos, tipo lignosulfonato (con o sin lignito), fueron de un uso vasto en operaciones de perforación, en tierra y costa afuera, hasta mediados de los años ochenta, en los Estados Unidos. Era común que el lignosulfonato empleado contuviera de 2 a 4%, en peso, de cromo trivalente, y algunas veces la estabilidad térmica se mejoraba con sales de cromo hexavalente. Los lignitos empleados también podían contener cromo. Además de este elemento pesado, los lodos con lignosulfonato solían ser lubricados con gasóleo (aceite diesel) y, no obstante, ellos y los recortes impregnados se arrojaban al mar. Al final de los ochenta se había reemplazado por otros lubricantes menos dañinos al ambiente y, aunque las pruebas de toxicidad no han indicado un efecto adverso para el ambiente por la presencia de cromo, han sido realizadas investigaciones y pruebas numerosas para reducir el cromo en los lignosulfonatos y/o reemplazado por otros cationes;

también han sido desarrollados varios dispersantes con el fin de sustituir todos los lignosulfonatos”⁷

Los lodos no dispersos y los lodos primarios se encuentran entre los menos tóxicos, a diferencia de los lodos con materiales poliméricos que puede decirse que no son tóxicos; además de reemplazar materiales y lodos altamente tóxicos, los lodos con materiales poliméricos – al disminuir la desintegración de recortes y estabilizar el hoyo- rebajan el volumen de lodo y de recortes que se tendrán que procesar y descartar durante y/o después de la perforación , contribuyendo aún más a mantener limpio el ambiente.

2.3 TOXICIDAD DE ADITIVOS

Debe resaltarse que los aditivos más peligrosos que se han usado en lodos de perforación – asbesto (para mejorar la capacidad de remoción de recortes), fenoles clorinados (lubricantes) y sales de cromo hexavalente (estabilizador térmico) – están totalmente prohibidos hoy; todos han sido reemplazados por otros aditivos que exhiben muy buen desempeño técnico y no contaminan. Otros reactivos tales como el estearato de aluminio, antiespumante muy utilizado y que requería ser aplicado con gasóleo (aceite diesel), ha sido sustituido por aditivos menos tóxicos (derivados de alcoholes o ésteres, por ejemplo).

Muchos lubricantes que dañaban gravemente el ambiente (en su mayoría derivados del petróleo) han sido reemplazados por derivados de gliceroles y de glicoles, así como por aceites vegetales y sus derivados, entre otros compuestos no tóxicos.

⁷ Conferencia presentada por Miguel Ángel Sierra en el marco del “Primer Encuentro Académico de Ingeniería de Petróleos” celebrado en Medellín, abril de 1999.

La preocupación mundial por el impacto ambiental de las operaciones de exploración y producción de hidrocarburos ha llevado a celebrar reuniones y acuerdos internacionales para crear y aplicar, de modo concertado, normas para protección ambiental [4,5]. Ante unas regulaciones ambientales cada vez más presentes en las legislaciones ambientales, regionales e internacionales, y cada día más estrictas, la industria petrolera, en general, y la de perforación, en particular, se ha dedicado a buscar alternativas para disminuir el impacto ambiental de sus operaciones.

En Colombia ECOPETROL ha dado ejemplo al perforar su primer pozo direccional (Guaitiquía 3-H) con sistemas de lodo apoyados en materiales poliméricos y, en el campo académico, la Universidad Nacional de Colombia y su facultad de minas ha realizado esfuerzos investigativos, sobre estos materiales y sus aplicaciones en la industria petrolera [6,7], algunos con una orientación decididamente proteccionistas del ambiente.

Finalmente, parece que los lodos con materiales poliméricos no remplazarán totalmente a los lodos altamente contaminantes, pero las ventajas indiscutibles que el ambiente logra, con el uso de los polímeros, garantizan a éstos un puesto de honor en las operaciones de perforación del siglo XXI.

2.4 TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN [8]

El término “tecnología de tratamiento” implica cualquier operación unitaria o serie de operaciones unitarias que altera la composición de una sustancia peligrosa o contaminante a través de acciones químicas, físicas o biológicas de manera que reduzcan la toxicidad, movilidad o volumen del material contaminado (EPA 2001)⁸. Las tecnologías de remediación representan una alternativa a la disposición en tierra de desechos peligrosos que no han sido tratados, y sus capacidades o

⁸ EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, encargada de proteger la salud de los seres humanos y el medio ambiente.

posibilidades de éxito, bajo las condiciones específicas de un sitio, pueden variar ampliamente. El uso de una tecnología de remediación en particular depende, además de los factores específicos del sitio y de las propiedades fisicoquímicas del contaminante, de su disponibilidad, de la fiabilidad demostrada o proyectada, de su estado de desarrollo (laboratorio, escala piloto o gran escala) y de su costo (Sellers 1999).

Antes de seleccionar una tecnología de remediación, es esencial contar con información acerca del tipo de contaminante (orgánico o inorgánico), su concentración y toxicidad, su distribución a través del sitio y el medio en el que se encuentra (agua o partículas de suelo), entre otras. Para cualquier acción de remediación, ya sea en fase de investigación o de limpieza, es importante definir los perfiles horizontal y vertical de los contaminantes, tanto como sea posible. La información acerca del rango y diversidad de la contaminación en todo el sitio, también es crítica para la elección de una tecnología de tratamiento (Van Deuren et al. 1997).

2.5 CLASIFICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN

Las tecnologías de remediación pueden clasificarse de diferentes maneras, con base en los siguientes principios: (I) estrategia de remediación; (II) lugar en que se realiza el proceso de remediación, y (III) tipo de tratamiento (Van Deuren *et al.* 1997, Sellers 1999, EPA 2001).

2.5.1 Lugar de realización del proceso de remediación

In situ. Son las aplicaciones en las que el suelo contaminado es tratado, o bien, los contaminantes son removidos del suelo contaminado, sin necesidad de excavar el sitio. Es decir, se realizan en el mismo sitio en donde se encuentra la contaminación.

Ex situ. La realización de este tipo de tecnologías, requiere de excavación, dragado o cualquier otro proceso para remover el suelo contaminado antes de su tratamiento que puede realizarse en el mismo sitio (on site) o fuera de él (off site).

En la tabla 1 se presenta un resumen de las ventajas y desventajas de ambos tipos de tecnología.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación in situ y ex situ

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN IN SITU Y EX SITU		
	IN SITU	EX SITU
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Permiten tratar el suelo sin necesidad de excavar ni transportar. ➤ Potencial disminución en costos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Menor tiempo de tratamiento. ➤ Más seguros en cuanto a uniformidad: es posible homogenizar y muestrear periódicamente.
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mayor tiempo de tratamiento. ➤ Pueden ser inseguros en cuanto a uniformidad: heterogeneidad en las características del suelo. ➤ Dificultad para verificar la eficacia del proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Necesidad de excavar el suelo. ➤ Aumento en costos e ingeniería para los equipos. ➤ Debe considerarse la manipulación de material y la posible exposición al contaminante.

Fuente: CHAGOYA Eduardo., VOLKE SEPÚLVEDA Tania. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. México, 2002.

2.5.2 Tipo de tratamiento

Tratamientos biológicos (biorremediación). Utilizan las actividades metabólicas de ciertos organismos (plantas, hongos, bacterias) para degradar (destrucción), transformar o remover los contaminantes a productos metabólicos inocuos.

Tratamientos fisicoquímicos. Este tipo de tratamientos, utiliza las propiedades físicas y/o químicas de los contaminantes o del medio contaminado para destruir, separar o contener la contaminación.

Tratamientos térmicos. Utilizan calor para incrementar la volatilización, quemar, descomponer o fundir (inmovilización) los contaminantes en un suelo.

En la tabla 2 se muestran las principales ventajas y desventajas del uso o aplicación de los métodos biológicos, fisicoquímicos y térmicos.

Además de las clasificaciones anteriores, las tecnologías de remediación pueden clasificarse con base en el tiempo que llevan en el mercado y al grado de desarrollo en el que se encuentran, en tecnologías tradicionales y en tecnologías innovadoras (EPA 2001).

Tradicionales. Son tecnologías utilizadas comúnmente a gran escala, cuya efectividad ha sido probada. La información disponible acerca de costos y eficiencia es de fácil acceso. Entre las tres tecnologías tradicionales usadas con mayor frecuencia, se encuentran: la incineración in situ y ex situ, la solidificación/estabilización y la extracción de vapores.

Tecnologías innovadoras. Son tecnologías propuestas más recientemente, que pueden encontrarse en diferentes etapas de desarrollo (investigación, escala piloto o gran escala). Su limitado número de aplicaciones genera la falta de datos acerca

de sus costos y eficiencias. En general, una tecnología de tratamiento se considera novedosa si su aplicación a gran escala ha sido limitada.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación, clasificadas de acuerdo con el tipo de tratamiento.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS DE REMEDIACIÓN, CLASIFICADAS DE ACUERDO CON EL TIPO TRATAMIENTO		
	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Son efectivos en cuanto a costos. ➤ Son tecnologías más benéficas para el ambiente. ➤ Los contaminantes generalmente son destruidos. ➤ Se requiere un mínimo o ningún tratamiento posterior. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Requieren mayores tiempos de tratamiento. ➤ Es necesario verificar la toxicidad de intermediarios y/o productos. ➤ No pueden emplearse si el tipo de suelo no favorece el crecimiento microbiano.
TRATAMIENTOS FISICOQUÍMICOS	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Son efectivos en cuanto a costos. ➤ Pueden realizarse en periodos cortos. ➤ El equipo es accesible y no se necesita de mucha energía ni ingeniería. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Los residuos generados por técnicas de separación, deben tratarse o disponerse: aumento en costos y necesidad de permisos. ➤ Los fluidos de extracción pueden aumentar la movilidad de los contaminantes: necesidad de sistemas de recuperación.
TRATAMIENTOS TÉRMICOS		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Es el grupo de tratamientos más costoso.

Fuente: CHAGOYA Eduardo., VOLKE SEPÚLVEDA Tania. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. México, 2002.

3. REFERENCIA LEGAL PARA EL MANEJO Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS PRODUCTO DE ACTIVIDADES PETROLERAS [9]

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

3.1 DECRETO NUMERO 4741 DE 2005 - 30 DIC 2005

“Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA

En ejercicio de las facultades conferidas en el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política de Colombia y en desarrollo de lo previsto en los artículos 34 al 38 del Decreto-ley 2811 de 1974, el artículo 4° de la Ley 253 de 1996, y los artículos y al 9° de la Ley 430 de 1998,

DECRETA:

3.1.1 Capítulo I: Objeto y alcance

3.1.1.1 Artículo 1° Objeto. En el marco de la gestión integral, el presente decreto tiene por objeto prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.

3.1.1.2 Artículo 2° Alcance. Las disposiciones del presente decreto se aplican en el territorio nacional a las personas que generen, gestionen o manejen residuos o desechos peligrosos.

3.1.2 Capítulo II: Clasificación, caracterización, identificación y presentación de los residuos o desechos peligrosos

Artículo 5°. Clasificación de los residuos o desechos peligrosos. Los residuos o desechos incluidos en el anexo I del presente decreto (anexo G) se consideran peligrosos a menos que no presenten ninguna de las características de peligrosidad descritas en el anexo III del presente decreto.

El generador podrá demostrar ante la autoridad ambiental que sus residuos no presentan ninguna característica de peligrosidad, para lo cual deberá efectuar la caracterización físico-química de sus residuos o desechos. Para tal efecto, el generador podrá proponer a la autoridad ambiental los análisis de caracterización de peligrosidad a realizar, sobre la base del conocimiento de sus residuos y de los procesos que los generan, sin perjuicio de lo cual, la autoridad ambiental podrá exigir análisis adicionales o diferentes a los propuestos por el generador.

La mezcla de un residuo o desecho con uno que no lo es, le confiere a estas últimas características de peligrosidad y debe ser manejado como residuo o desecho peligroso.

Artículo 6°. Características que confieren a un residuo o desecho la calidad de peligroso. La calidad de peligroso es conferida a un residuo o desecho que exhiba características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas y radiactivas.

Artículo 7°. Procedimiento mediante el cual se puede identificar si un residuo desecho es peligroso. Para identificar si un residuo o desecho es peligroso se puede utilizar el siguiente procedimiento:

- a) Con base en el conocimiento técnico sobre las características de los insumos y procesos asociados con el residuo generado, se puede identificar si el residuo posee una o varias de las características que le otorgarían la calidad de peligroso.
- b) A través de las listas de residuos o desechos peligrosos contenidas en el anexo G.
- c) A través de la caracterización físico-química de los residuos o desechos generados.

Artículo 8°. Referencia para procedimiento de muestreo y análisis de laboratorio para determinar la peligrosidad de un residuo o desecho peligroso. A partir de la entrada en vigencia del presente decreto, el IDEAM definirá los protocolos de muestreo y análisis de laboratorio para la caracterización físico-química de los residuos o desechos peligrosos en el país. En tanto se expidan estos protocolos, se podrá tomar como referencia básica para métodos de muestreo y análisis de residuos o desechos peligrosos, los documentos SW- 846 (Test Methods for Evaluating Solid waste, Physical/Chemical Methods) de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, ASTM (American Society for Testing and Materials) u otras normas internacionalmente reconocidas.

Parágrafo 1°. De los laboratorios para la caracterización de residuos o desechos peligrosos. La caracterización físico-química de residuos o desechos peligrosos debe efectuarse en laboratorios acreditados. En tanto se implementan los servicios de laboratorios acreditados para tal fin, los análisis se podrán realizar en laboratorios aceptados por las autoridades ambientales regionales o locales. Las autoridades ambientales definirán los criterios de aceptación de dichos laboratorios y harán pública la lista de los laboratorios aceptados.

Parágrafo 2°. Se dará un período de transición de dos (2) años, a partir de la definición de los protocolos de muestreo y análisis por parte del IDEAM, para que los laboratorios implementen los métodos de ensayo y obtengan la respectiva acreditación. A partir de ese momento, no se aceptaran resultados de laboratorios que no cuenten con la debida acreditación.

3.1.3 Capítulo III: De las obligaciones y responsabilidades

Artículo 10°. Obligaciones del Generador. De conformidad con lo establecido en la Ley, en el marco de la gestión integral de los residuos o desechos peligrosos, el generador debe:

- a) Garantizar la gestión y manejo integral de los residuos o desechos peligrosos que genera.
- b) Identificar las características de peligrosidad de cada uno de los residuos o desechos peligrosos que genere, para lo cual podrá tomar como referencia el procedimiento establecido en el artículo 7 del presente decreto, sin perjuicio de lo cual la autoridad ambiental podrá exigir en determinados casos la caracterización físico-química de los residuos o desechos si así lo estima conveniente o necesario.
- c) Conservar las certificaciones de almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento o disposición final que emitan los respectivos receptores, hasta por un tiempo de cinco (5) años.
- d) Tomar todas las medidas de carácter preventivo o de control previas al cese, cierre, clausura o desmantelamiento de su actividad con el fin de evitar cualquier episodio de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, relacionado con sus residuos o desechos peligrosos.

Artículo 11°. Responsabilidad del generador. El generador es responsable de los residuos o desechos peligrosos que él genere. La responsabilidad se extiende a sus afluentes, emisiones, productos y subproductos, por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente.

Artículo 12°. Subsistencia de la responsabilidad. La responsabilidad integral del generador subsiste hasta que el residuo o desecho peligroso sea aprovechado como insumo o dispuesto con carácter definitivo.

Artículo 19°. De la responsabilidad acerca de la contaminación y remediación de sitios. Aquellas personas que resulten responsables de la contaminación de un sitio por efecto de un manejo o una gestión inadecuada de residuos o desechos peligrosos, estarán obligados entre otros, a diagnosticar, remediar y reparar el daño causado a la salud y el ambiente, conforme a las disposiciones legales vigentes.

Artículo 26°. Del instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales – IDEAM. De conformidad con sus funciones, el IDEAM acopiará, almacenará, procesará, analizará y difundirá datos e información estadística sobre la generación y manejo de los residuos o desechos peligrosos a nivel nacional, a través del Sistema de Información Ambiental, que servirá para facilitar la toma de decisiones en materia de política ambiental, entre otros.

3.1.4 Capítulo VIII: Prohibiciones, Artículo 32°

- a) El abandono de residuos o desechos peligrosos en vías, suelos, humedales, parques, cuerpos de agua o en cualquier otro sitio.

3.1.5 Capítulo IX: Disposiciones finales

Artículo 36°. Cualquier normativa que expidan las autoridades ambientales o las entidades territoriales en materia de residuos o desechos peligrosos, deberá ser motivada y estar sujeta a los principios de armonía regional, gradación normativa y rigor subsidiario, de acuerdo con lo establecido en el artículo 63 de la Ley 99 de 1993

Artículo 37°. Régimen Sancionatorio. En caso de violación a las disposiciones ambientales contempladas en el presente decreto, las autoridades ambientales competentes impondrán las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar, de conformidad con lo consagrado en el artículo 85 de la Ley 99 de 1993, o las que las modifiquen o sustituyan, sin perjuicio de las demás acciones a que haya lugar.

Artículo 38°. Vigilancia y control. Las autoridades ambientales competentes controlarán y vigilarán el cumplimiento de las medidas establecidas en el presente decreto en el ámbito de su competencia. Lo anterior, independientemente de las funciones de prevención, inspección, control y vigilancia que compete a las autoridades sanitarias, policivas, de comercio exterior, de aduanas y transporte, entre otras, según sea el caso.

4. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE PISCINAS DE LODO NO REMEDIADAS DEL CAMPO COLORADO

La caracterización fisicoquímica de lodos que están dispuestos en el suelo en lugares conocidos como piscinas de lodo ubicadas en Campo Colorado es la primera fase de un proceso de remediación, caracterizar cualquier tipo de residuo permite conocer las propiedades del contaminante producto de las actividades petroleras de años anteriores realizadas por el campo, que pueden afectar el ambiente y la población aledaña a estos sumideros que llevan varios años sin ningún tipo de tratamiento y hacen parte de lo que se conoce como pasivo ambiental.

Realizar actividades de este tipo como la caracterización de un residuo peligroso con el fin de proponer una técnica de remediación va más allá de los análisis o pruebas de laboratorio que pueda realizar cualquier entidad competente, se necesita de otros aspectos puntuales que determinen y generen una base de datos o de información para futuros proyectos ambientales y de gestión integral, relacionados con las que en algún momento fueron piscinas de lodo y hoy son zonas de abandono generadoras de riesgos para la comunidad y del campo mismo.

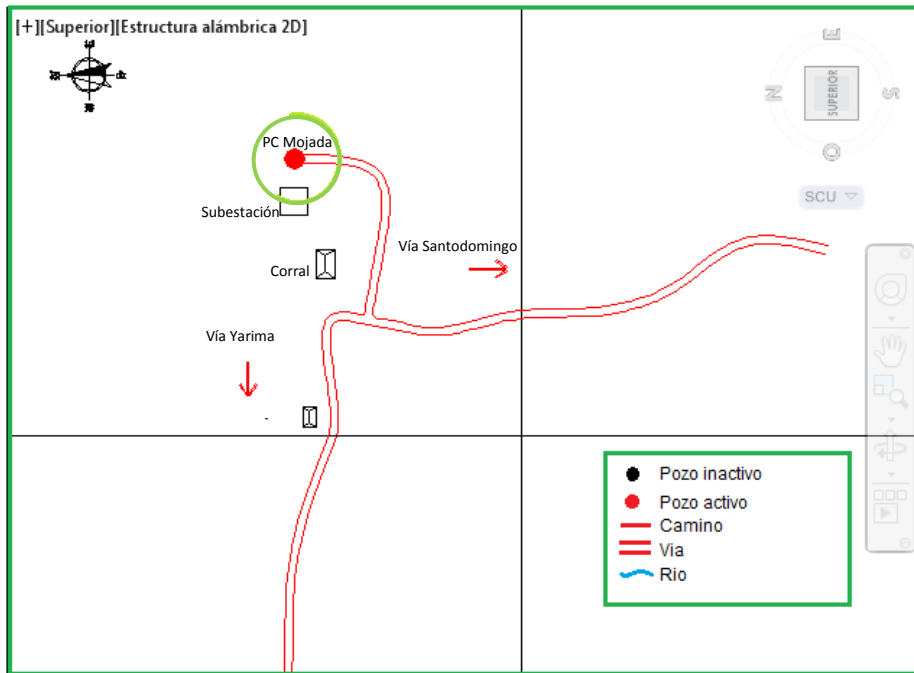
Los aspectos puntuales mencionados anteriormente y con los que se desarrolla el proyecto son:

- **Dimensión:** permite conocer con exactitud las dimensiones (ancho, largo y alto) de cada piscina para tener una idea clara de la extensión del problema y la posible solución que se pueda implementar. Con ayuda de un decámetro se hace la medición, este proceso se puede hacer al mismo tiempo que se lleva a cabo el muestreo de cada piscina o al momento del diagnóstico para conocer el estado del lugar y las condiciones de trabajo explicadas en el capítulo 5.

- Ubicación geográfica: la dimensión de cada piscina va acompañada de las coordenadas cartesianas (X, Y) determinadas con un GPS, donde X es el Este y Y el Norte, permitiendo una rápida ubicación de cada piscina. Las coordenadas geográficas es uno de los aspectos puntuales más importantes para el equipo de trabajo por dos razones:
 1. La problemática ambiental con la que se desarrolló el proyecto investigativo no tiene en cuenta todas las piscinas de lodo que existen actualmente en Campo Colorado, solo hace referencia a aquellos pozos que fueron cerrados hace varios años y cuyas piscinas no han recibido ningún tipo de tratamiento o algún proceso de remediación.
 2. El personal de trabajo en el campo colorado maneja un mapa con datos específicos de cada uno de los pozos en los que se realiza a diario actividades de la industria petrolera, desafortunadamente los pozos que fueron cerrados por diferentes motivos ya no cuentan con esas mismas especificaciones en el mapa y eso hace que la ubicación sea bastante compleja.
- Formulación de lodo y estado de las piscinas: para complementar la información se hace necesario conocer el tipo de lodo o las antiguas formulaciones de lodo utilizadas para llevar a cabo trabajos en ese pozo y que se esperan encontrar a medida que avanza la investigación. El estado de cada piscina también se convierte en un aspecto puntual a la hora de realizar la toma de muestras, en algunos pozos ya no hay rastro de estos sumideros, como es el caso del pozo Mojada donde se asume que se encuentra en estado sólido, en otros aún se evidencia el impacto ambiental que generaron en la población la construcción de piscinas.

A continuación se presentan gráficos que han sido agrupados para una mayor comprensión de cada uno de los aspectos mencionados anteriormente.

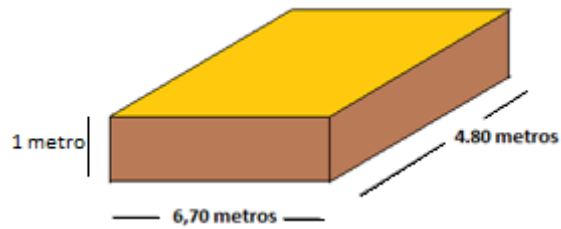
Figura 2. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, MOJADA.



Ubicación en coordenadas cartesianas

X	Y
1039730	1236670

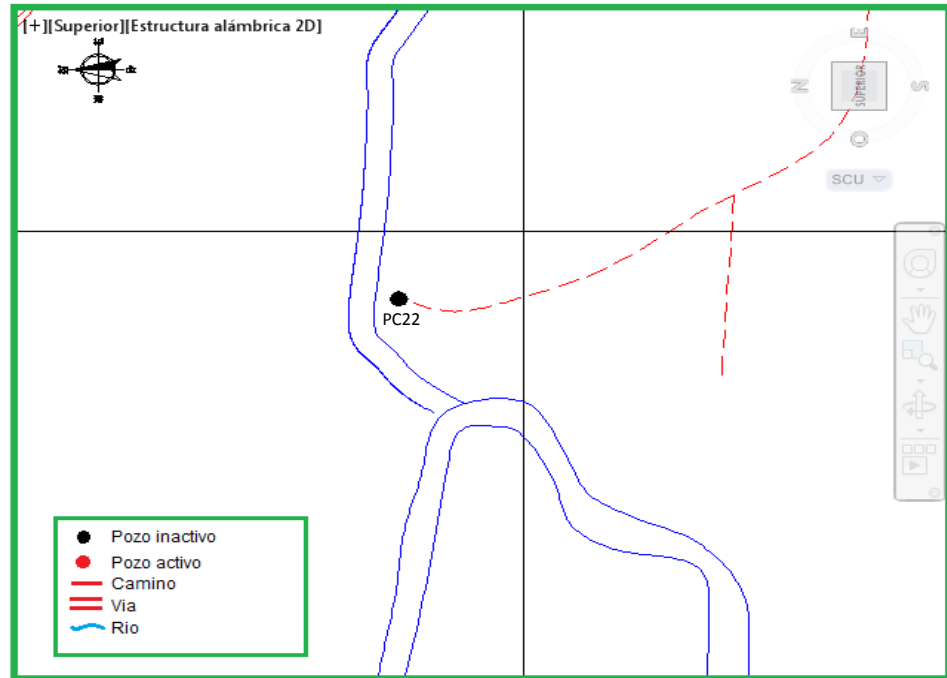
Dimensiones Piscina 1



Fuente: los autores

Figura 3. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

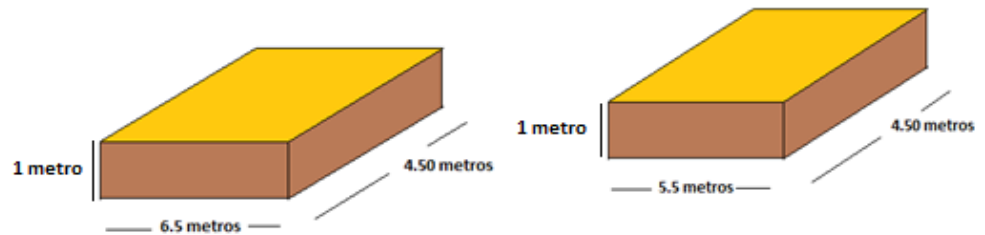
22



Ubicación en coordenadas cartesianas	
X	Y
1038441	1239601

Dimensiones Piscina 1

Dimensiones Piscina 2

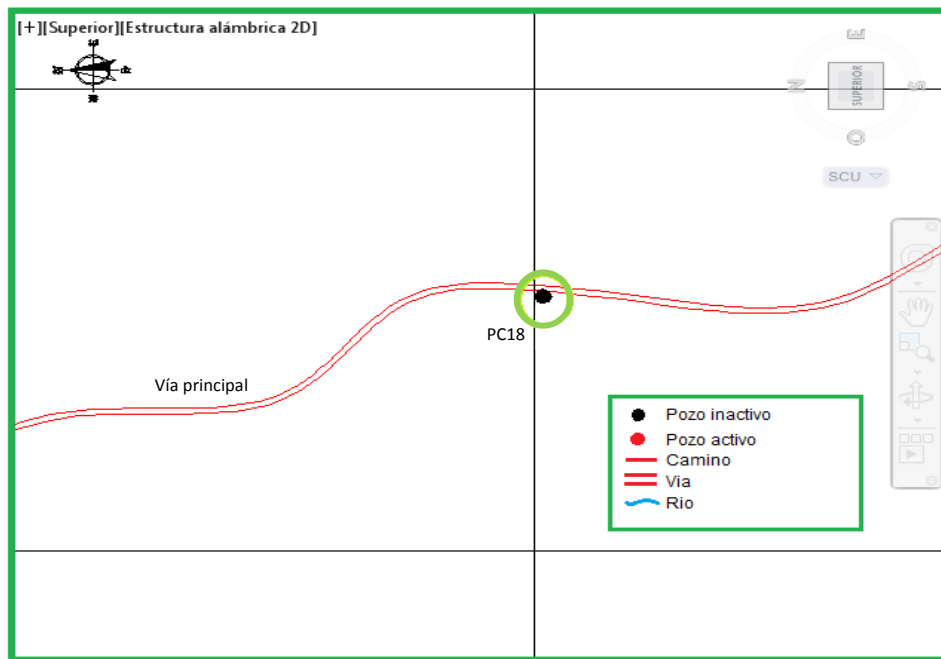


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforación (año)	Estado de la piscina
I	0' a 620'	lodo agua bentonita	1953 y 1960	estado semi-solido con presencia de maleza
	620' a 3000'	lodo calado		
	3000' a 4500'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

Figura 4. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

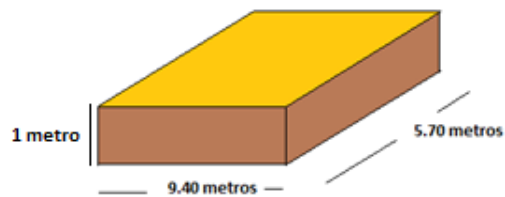
18



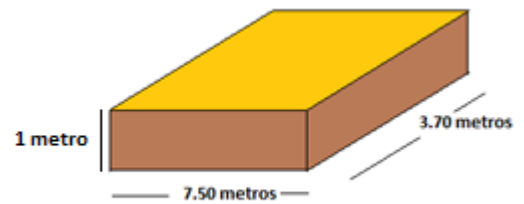
Ubicación en coordenadas cartesianas

X	Y
1039271	1238500

Dimensiones Piscina 1



Dimensiones Piscina 2

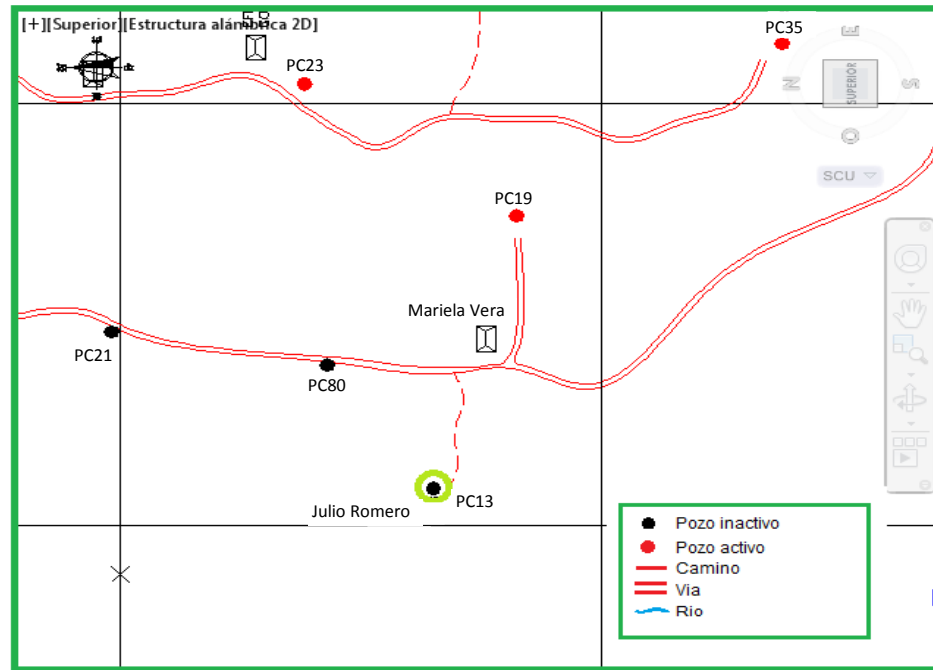


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforacion (año)	Estado de la piscina
I	0' a 620'	lodo agua bentonita	1953 y 1960	estado semi-solido con presencia de maleza
	620' a 3000'	lodo calado		
	3000' a 4500'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

Figura 5. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

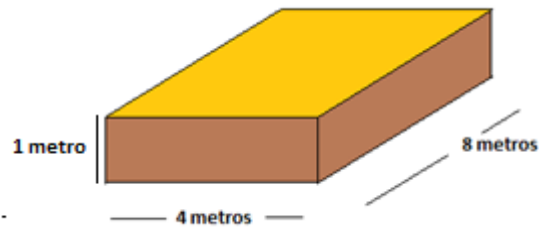
13



Ubicación en coordenadas cartesianas

X	Y
1038553	1240168

Dimensiones Piscina 1

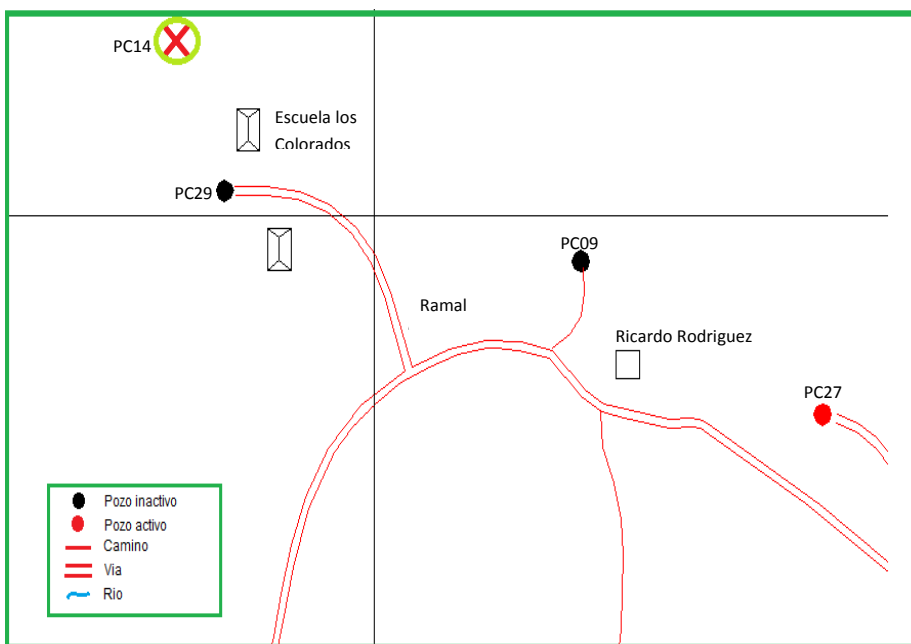


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforación (año)	Estado de la piscina
I	0' a 620'	lodo agua bentonita	1953 y 1960	estado semi-solido con presencia de maleza
	620' a 3000'	lodo calado		
	3000' a 4500'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

Figura 6. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

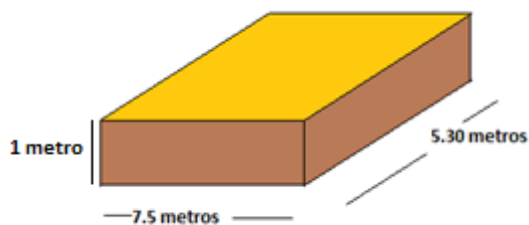
14



Ubicación en coordenadas cartesianas

X	Y
1039187	1241621

Dimensiones Piscina 1

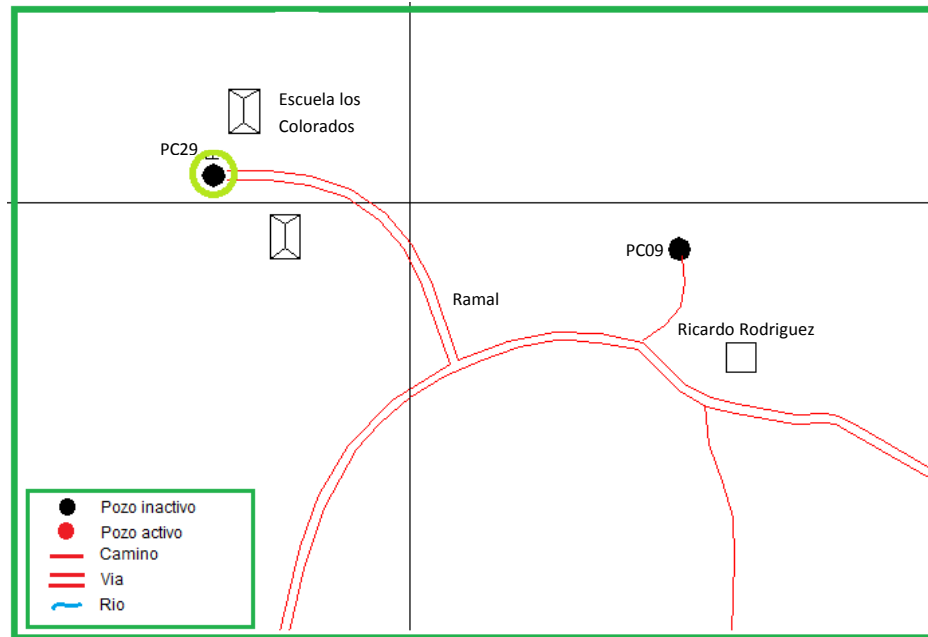


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforacion (año)	Estado de la piscina
I	0' a 620'	lodo agua bentonita	1953 y 1960	estado semi-solido con presencia de maleza y residuos solidos
	620' a 3000'	lodo calado		
	3000' a 4500'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

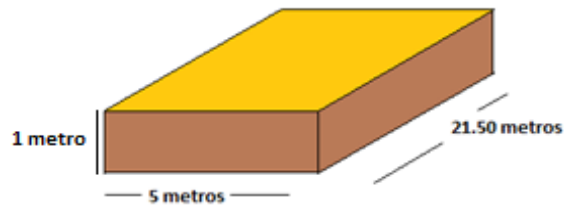
Figura 7. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

29



Ubicación en coordenadas cartesianas	
X	Y
1039023	1241639

Dimensiones Piscina 1

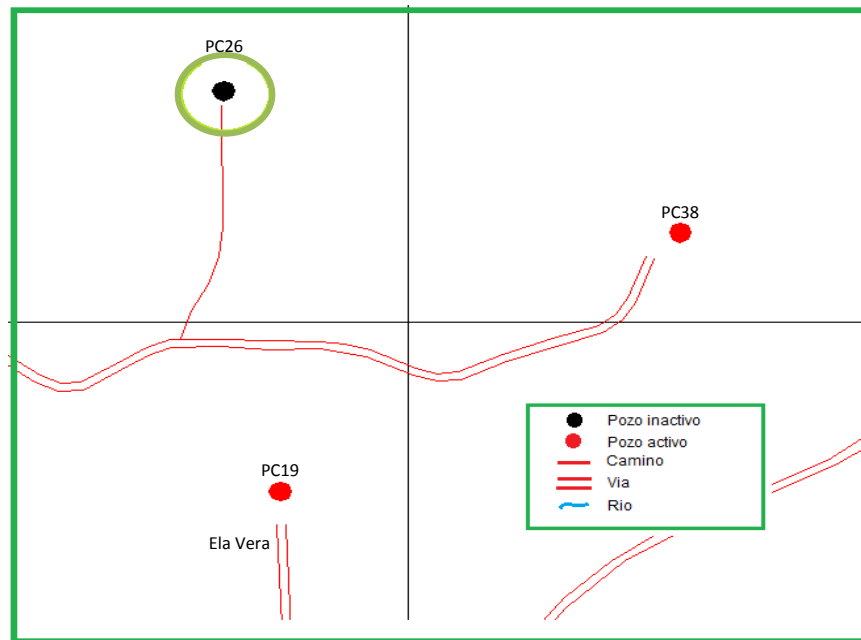


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforacion (año)	Estado de la piscina
I	0' a 620'	lodo agua bentonita	1953 y 1960	estado semi-solido con presencia de maleza
	620' a 3000'	lodo calado		
	3000' a 4500'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

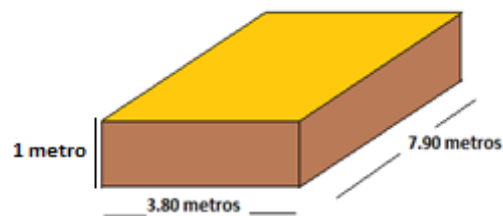
Figura 8. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

26



Ubicación en coordenadas cartesianas	
X	Y
1039164	1240134

Dimensiones Piscina 1

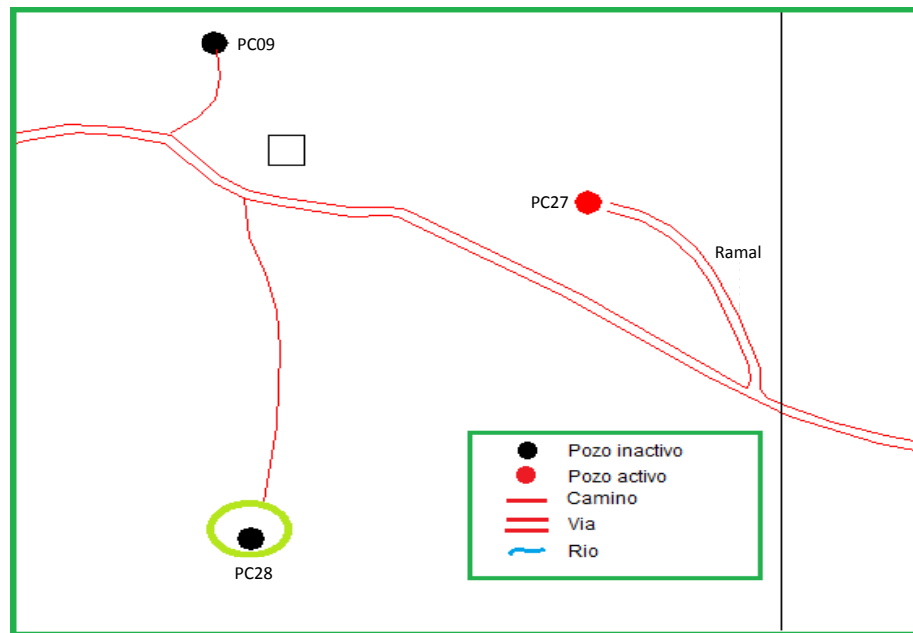


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforación (año)	Estado de la piscina
I	0' a 620'	lodo agua bentonita	1953 y 1960	estado semi-sólido con presencia de maleza
	620' a 3000'	lodo calado		
	3000' a 4500'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

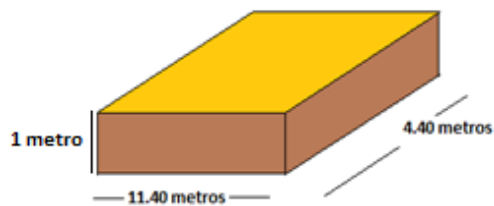
Figura 9. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

28



Ubicación en coordenadas cartesianas	
X	Y
1038629	1241307

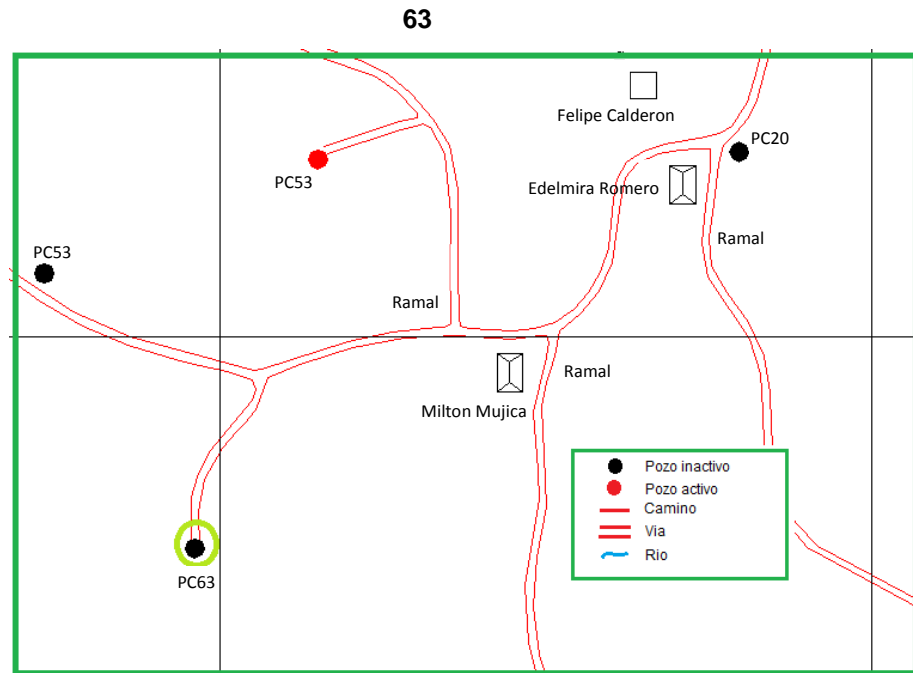
Dimensiones Piscina 1



Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforación (año)	Estado de la piscina
I	0' a 620'	lodo agua bentonita	1953 y 1960	estado semi-solido con presencia de maleza
	620' a 3000'	lodo calado		
	3000' a 4500'	lodo calado emulsionado		

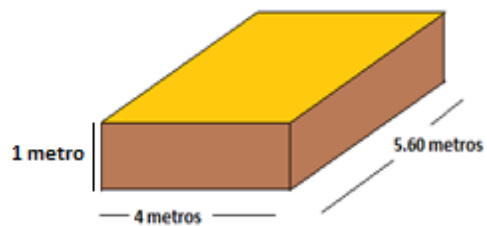
Fuente: los autores

Figura 10. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO



Ubicación en coordenadas cartesianas	
X	Y
1038334	1242016

Dimensiones Piscina 1

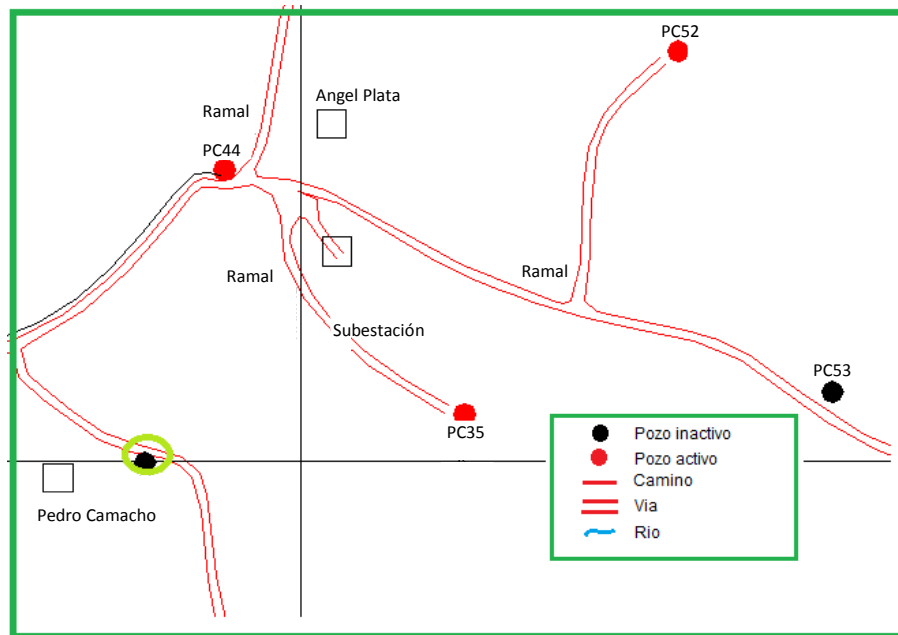


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforacion (año)	Estado de la piscina
II	0' a 520'	lodo agua bentonita	1946 Y 1962	estado semi-solido con presencia de maleza
	520' a 3000'	lodo calado		
	3000' a 6200'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

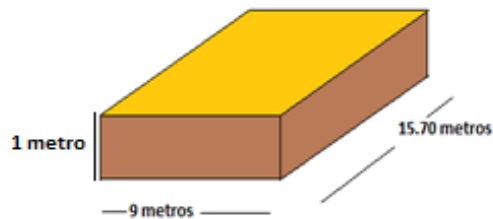
Figura 11. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

50



Ubicación en coordenadas cartesianas	
X	Y
1038486	1242606

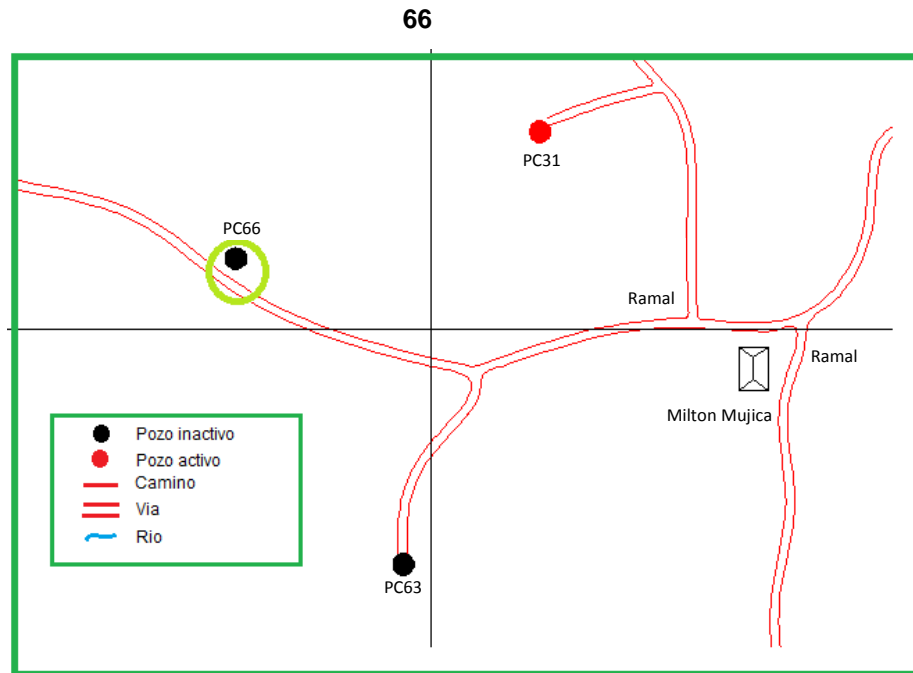
Dimensiones Piscina 1



Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforación (año)	Estado de la piscina
III	0' a 620'	lodo agua bentonita	1956 y 1962	estado semi-sólido con presencia de maleza
	620' a 2500'	lodo calado		
	2500' a 11482'	lodo calado emulsionado		

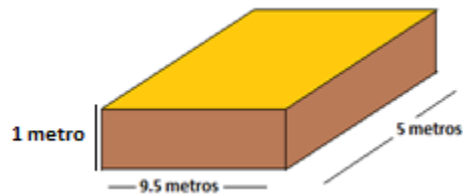
Fuente: los autores

Figura 12. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO



Ubicación en coordenadas cartesianas	
X	Y
1038247	1243583

Dimensiones Piscina 1

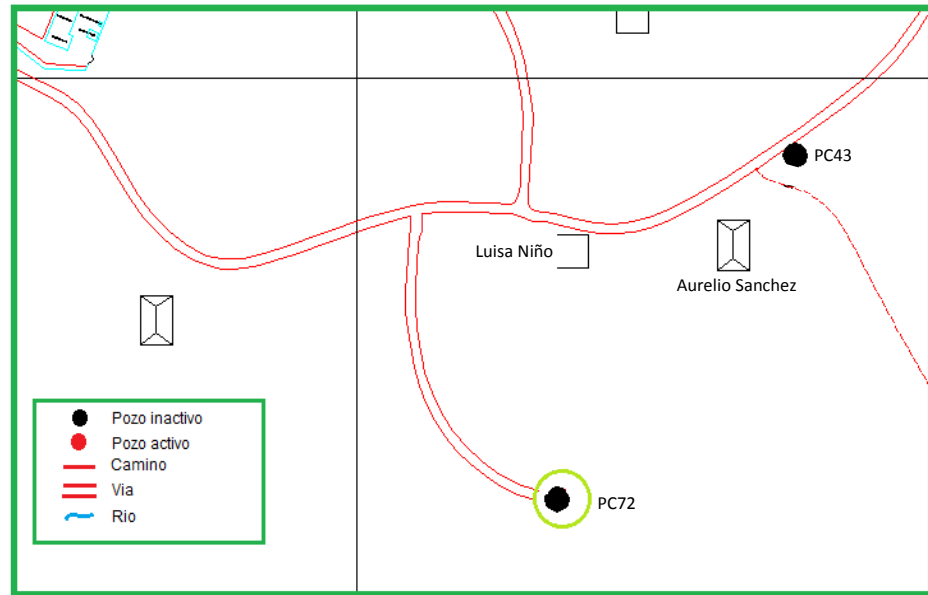


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforacion (año)	Estado de la piscina
IV	0' a 620'	lodo agua bentonita	1957 y 1962	estado semi-solido con presencia de maleza
	620' a 2000'	lodo calado		
	2000' a 6400'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

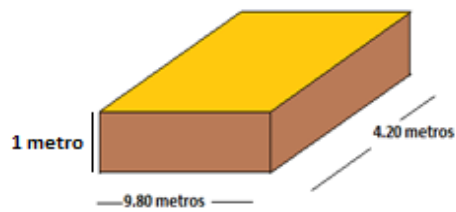
Figura 13. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

72



Ubicación en coordenadas cartesianas	
X	Y
1038171	1243847

Dimensiones Piscina 1

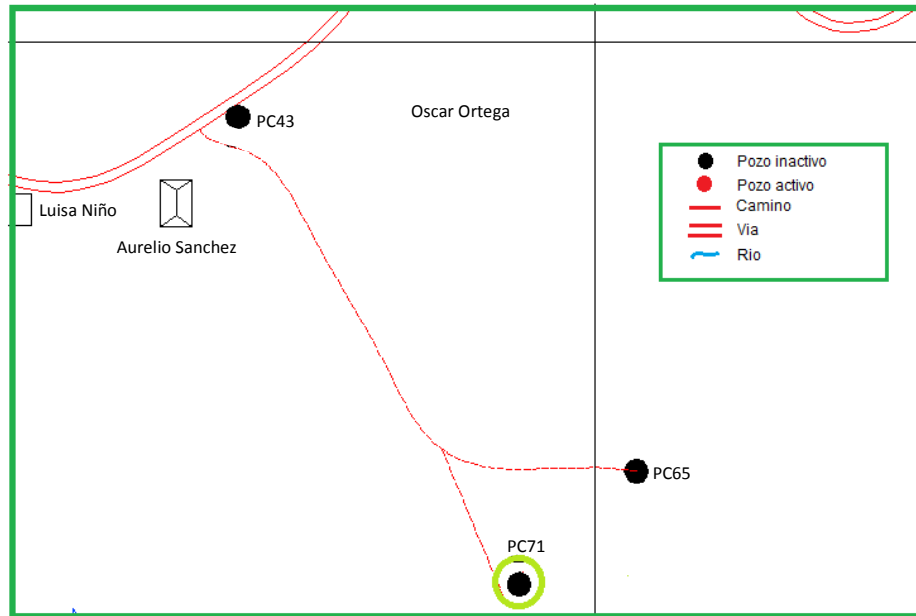


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforacion (año)	Estado de la piscina
IV	0' a 620'	lodo agua bentonita	1957 y 1962	estado semi-solido con presencia de maleza
	620' a 2000'	lodo calado		
	2000' a 6400'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

Figura 14. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

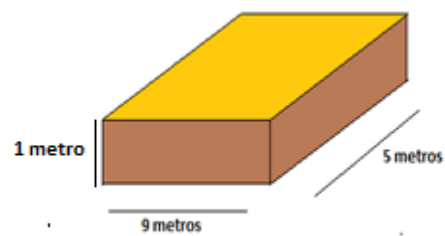
71



Ubicación en coordenadas cartesianas

X	Y
1038541	1243250

Dimensiones Piscina 1

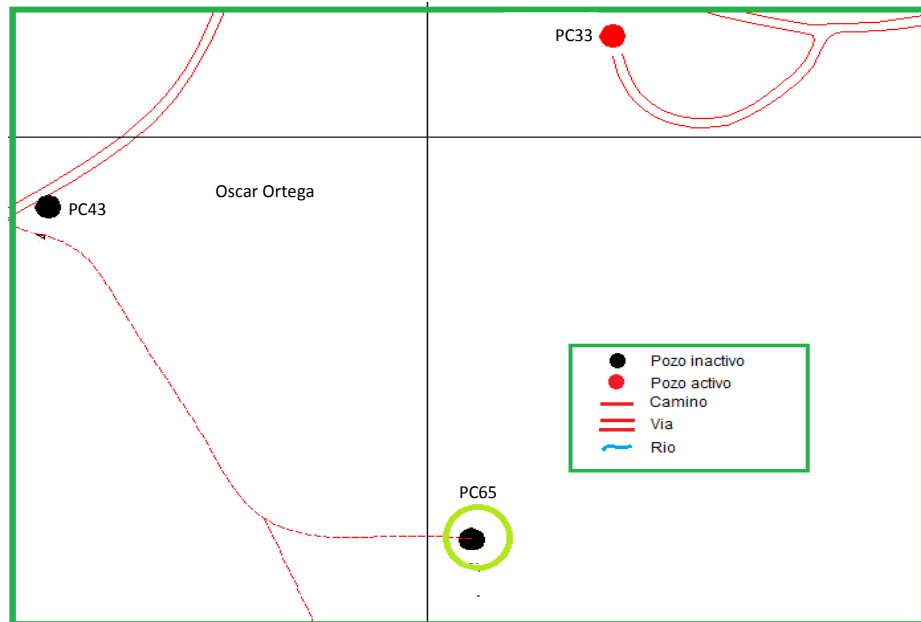


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforación (año)	Estado de la piscina
IV	0' a 620'	lodo agua bentonita	1957 y 1962	estado líquido con presencia de maleza y residuos solidos
	620' a 2000'	lodo calado		
	2000' a 6400'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

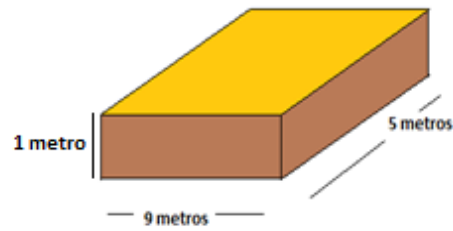
Figura 15. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

65



Ubicación en coordenadas cartesianas	
X	Y
1038443	1242970

Dimensiones Piscina 1

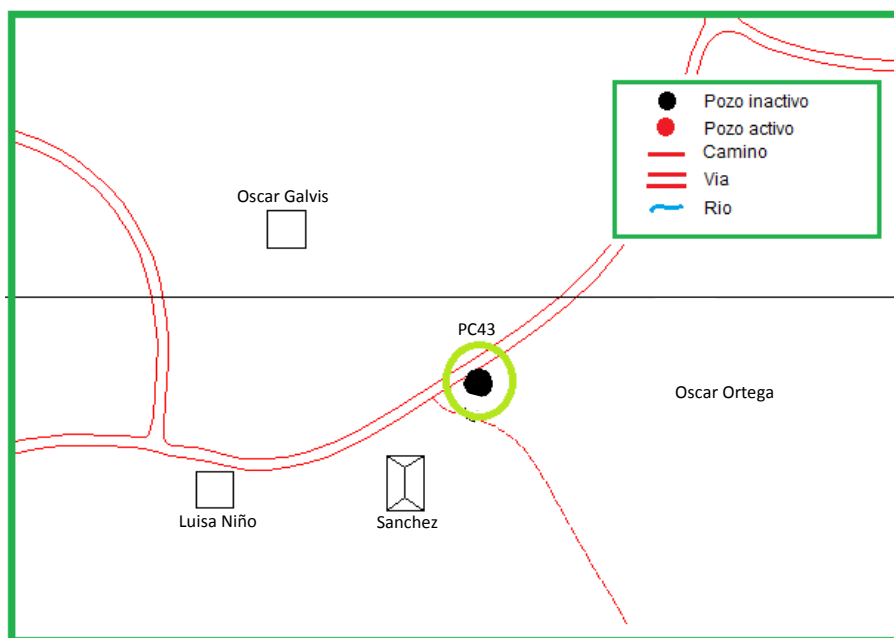


Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforación (año)	Estado de la piscina
IV	0' a 620'	lodo agua bentonita	1957 y 1962	estado semi-solido con presencia de maleza
	620' a 2000'	lodo calado		
	2000' a 6400'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

Figura 16. Ubicación, dimensiones y formulación de lodos de años anteriores, COLORADO

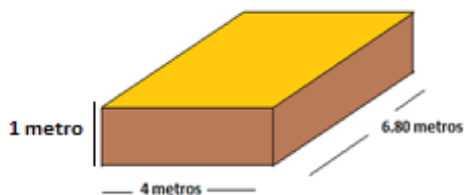
43



Ubicación en coordenadas cartesianas

X	Y
1038451	1243221

Dimensiones Piscina 1



Bloque	Profundidad(ft)	Tipo de fluido	Perforación (año)	Estado de la piscina
IV	0' a 620'	lodo agua bentonita	1957 y 1962	estado semi-sólido con presencia de maleza y residuos sólidos
	620' a 2000'	lodo calado		
	2000' a 6400'	lodo calado emulsionado		

Fuente: los autores

5. PROCESO Y DISEÑO DE HERRAMIENTA DE MUESTREO

La ejecución del proceso de muestreo en relación con la investigación de suelos contaminados exige considerar de manera previa una serie de factores de diversa índole que influyen en la planificación detallada de la misma. La falta de interés sobre estos factores puede traducirse en retrasos y/o sobrecostos injustificados en la ejecución de estos trabajos, así como en interpretaciones incompletas o erróneas de la información obtenida con la consiguiente repercusión negativa en el diagnóstico de la situación.

Durante el diseño del muestreo es necesario considerar factores que pueden agruparse en los siguientes tipos:

- Factores asociados a los objetivos del proceso y los contaminantes presentes en la muestra extraída de las piscinas de lodo.
- Factores asociados a las características del terreno a investigar.
- Factores operativos.

5.1 FACTORES ASOCIADOS A LOS OBJETIVOS DEL PROCESO DE MUESTREO Y LOS CONTAMINANTES PRESENTES EN LA MUESTRA EXTRAÍDA DE LAS PISCINAS DE LODO.

5.1.1 Extensión espacial de la contaminación. Como base del diseño del muestreo, debe formularse una hipótesis acerca de la extensión espacial de la contaminación en el lugar a investigar, tal hipótesis se realiza a partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico sobre el lugar y estado de las piscinas de lodo abandonadas y no remediadas por Campo Colorado.

5.1.2 Medios a muestrear. Se debe prever los medios que van a ser objeto de

muestreo en el proceso, los cuales condicionan las técnicas y equipos a emplear, así como determinadas labores asociadas a la toma de muestras. Es importante determinar las profundidades que se requiere alcanzar en el muestreo las cuales condicionarán el diámetro de perforación.

5.1.3 Naturaleza de los compuestos a investigar. Resulta de primordial interés conocer la naturaleza (características físico-químicas básicas) de las sustancias cuya presencia en los diferentes medios se pretende cuantificar con pruebas de laboratorio. Al inicio de todo proceso de muestreo no es necesario conocer con exactitud los contaminantes presentes en la muestra de lodo que fue dispuesto en el suelo hace varios años, basta con conocer las formulaciones realizadas para esos años que permitan hacer idea de lo que se puede encontrar y de las precauciones que debe tener todo el equipo de trabajo. Es importante tener en cuenta que estos lugares fueron utilizados como depósitos de residuos petroleros y ahora son utilizados como basureros, abrevaderos o zonas de recreación dependiendo de la ubicación del pozo, por consiguiente es posible encontrar otro tipo de residuos que no estén relacionados propiamente con actividades de la industria de los hidrocarburos; conocer la naturaleza de los compuestos a investigar es una fase obligatoria en el proceso de muestreo que ayuda a seleccionar los equipo adecuados para la perforación y extracción de la muestra.

5.2 FACTORES ASOCIADOS A LAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO A INVESTIGAR

En el capítulo 5 se explicó la importancia de conocer aspectos puntuales de cada piscina como: la dimensión, ubicación geográfica y el estado en que se encuentra cada una de ellas con el objetivo de proponer una técnica de remediación a partir de la caracterización físico-química de los residuos. Al finalizar el diagnóstico y a la hora de abordar el diseño del muestreo, resulta deseable disponer de información detallada acerca de las características del terreno a investigar, en

particular, sus características geológicas, hidrogeológicas y geotécnicas (columna estratigráfica, dureza, compactación, grado de alteración, profundidad del nivel freático, estabilidad, etc.).

5.3 FACTORES OPERATIVOS

5.3.1 Accesibilidad y orografía del terreno. El reconocimiento del lugar hace parte del diagnóstico que se realiza al principio de la investigación. Los factores operativos también se incluyen en la fase de muestreo, la accesibilidad del terreno y las condiciones de trabajo, es el punto de partida para el diseño de la herramienta de extracción de muestras (extractor de muestras). Este factor está dirigido especialmente a comprobar la accesibilidad de las zonas a muestrear, que puede condicionar los equipos a utilizar durante el proceso de muestreo. Se debe identificar las zonas de difícil acceso, las vías que conducen a los pozos donde se encuentran las piscinas han ido desapareciendo por el crecimiento de algunas plantas y la construcción de algunas viviendas.

5.3.2 Permisos. Antes de iniciar cualquier investigación en Campo Colorado se debe conseguir los permisos oportunos (de ocupación de algún personal, de toma de muestras, de acceso a los terrenos, etc.), que pueden variar de un caso a otro. Así mismo, puede ser necesario informar a las autoridades competentes del comienzo de los trabajos (Ver anexo B).

5.3.3 Seguridad y salud laboral. Las medidas de seguridad y salud laboral se deben adoptar durante la ejecución de la toma de muestras analizadas y definidas al inicio del trabajo (Ver anexo C).

5.4 PLANIFICACIÓN DE TRABAJO DE MUESTREO DE CADA PISCINA

Planificar el trabajo de muestreo garantiza una óptima ejecución del mismo en términos de calidad, seguridad, plazo y costo. Los elementos esenciales a contemplar en la planificación son los siguientes:

1. Organigrama del equipo humano de trabajo, incluyendo tareas, responsabilidades y dedicaciones de sus integrantes, así como las líneas de comunicación entre los mismos.
2. Asignación de recursos materiales necesarios para la ejecución de cada tarea del programa de trabajo, diferenciando los medios propios de los aportados por Campo Colorado.
3. Cronograma de trabajo, en el que se refleje la duración estimada para cada tarea y la secuencia temporal y dependencias entre las mismas. Se recomienda que la planificación temporal sea flexible, a fin de permitir adaptaciones a las situaciones imprevistas que suelen darse en el curso de la ejecución de este tipo de trabajos, sin que ello revierta necesariamente en la prolongación del plazo total previsto.

5.5 TÉCNICA DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS EN SUELOS IMPREGNADOS CON LODO

El muestreo se encuentra normalmente ligado a la ejecución de zanjas, excavaciones o perforaciones de diversa profundidad que, por tanto, suponen en mayor o menor medida una alteración de las condiciones previas del terreno. El requisito de cada extracción es obtener muestras lo más representativas posible de cada piscina de modo que el grado de alteración resultante sea mínimo.

La toma de muestras de las quince piscinas no remediadas de Campo Colorado es imprescindible para determinar en el laboratorio los compuestos presentes en ella. Debido a las técnicas habitualmente empleadas para el muestreo, este proceso puede ser utilizado por otros trabajos de investigación que requieran características del suelo como: físicas, hidrogeológicas y geotécnicas.

En conclusión, la elección de la técnica de extracción y muestreo de las piscinas de lodo adecuado depende de los objetivos específicos del trabajo de investigación, las características del terreno a investigar y del resto de los condicionantes del caso.

5.6 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LLEVAR A CABO EL PROCESO DE MUESTREO.

El muestreo se debe llevar a cabo aplicando procedimientos estándar que garanticen la representatividad de las muestras. Como norma general, las muestras deben tomarse de forma que se obtenga, para el nivel, estrato u horizonte objeto de estudio, una proporción de suelo representativa y lo menos alterada posible.

A continuación se resumen algunas recomendaciones generales a aplicar durante las labores de toma de muestras de cada piscina de lodo de Campo Colorado:

- ❖ El orden de ejecución del muestreo debe seguir, en lo posible, una secuencia de puntos supuestamente menos contaminados a más contaminados, en este caso se asume que los puntos menos contaminados hacen referencia a cada extremo de la piscina y el punto más contaminado hace referencia al centro.
- ❖ En todo caso, se deben muestrear diferenciadamente aquellas capas que presentan indicios organolépticos de contaminación (color, olor, etc.).

- ❖ Hay que procurar que el tiempo de contacto entre el suelo y la herramienta de extracción de muestras sea el menor posible.
- ❖ Siempre que la herramienta de extracción de muestras lo permita, se recomienda eliminar de la muestra la parte de suelo que haya estado en contacto con el equipo muestreador, a fin de no incorporar a aquéllos posibles arrastres de materiales procedentes de niveles superiores.
- ❖ Debe evitarse mezclar muestras en campo. En caso necesario, esta operación debe llevarse a cabo en el laboratorio.
- ❖ Durante la toma de muestras, se debe evitar el menor volumen de aire en el interior de cada recipiente el cual debe ser sellado herméticamente.
- ❖ Todos los elementos de los equipos de muestreo que puedan entrar en contacto con el suelo deben ser cuidadosamente limpiados antes del comienzo de cada sondeo. Los muestreadores que se utilicen más de una vez en un mismo sondeo también se limpiarán entre cada dos tomas de muestras consecutivas.

Campo Colorado no cuenta con herramientas para muestrear suelos contaminados, por ello el diseño de una herramienta debe estar basado en los tipos de sondeo tradicionales utilizados para este trabajo. Dentro de los tipos de sondeo se encuentra el manual, generalmente es el más común y utilizado en muestreo de suelo contaminado con lodo en lugares conocidos como piscinas con poca profundidad rodeadas por suelos poco rocosos o pedregosos; la ventaja del sondeo manual radica en el manejo de los equipos (extractor de muestra), además del reducido peso y los bajos costos asociados al transporte. Otra de las ventajas de los sondeos manuales es la profundidad que logra alcanzar en condiciones

ideales, aproximadamente 5 m o más según el diseño y las condiciones de cada piscina.

Existen multitud de diseños diferentes de sondas aplicables a esta técnica, generalmente relacionados con la composición del suelo, dureza, grado de compactación, humedad, tipo de muestra a recoger, presencia o ausencia de nivel freático, etc. [10]

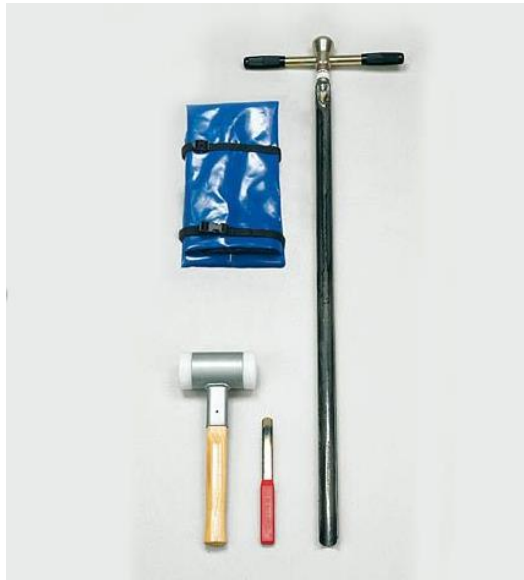
Los diseños más utilizados son:

5.6.1 Sonda manual de media caña. La sonda manual de media caña consta de un cilindro sacamuestras de media caña unido a un vástago con mango para girar y un refuerzo en su parte alta para ser golpeado. Asimismo el equipo está dotado de una escala decimétrica (ver Figura 17). Este sistema es apto para terrenos blandos y húmedos en suelos cohesivos, y el grado de alteración de la muestra es bajo.

Se encuentra en diámetros disponibles del sacamuestras de 20 o 30 mm. La longitud total de la sonda es de 1,45 m y la del sacamuestras de 1,05 m.

5.6.2 Sonda de pistón. La sonda de pistón es útil en suelos poco cohesivos situados por debajo del nivel freático, tales como arenas, arcillas ligeras y fangos. Se utiliza también en muestreo de sedimentos en zanjas, canales y ríos. Normalmente se utiliza conjuntamente con otras sondas (ej. Edelman) para llegar a la profundidad elegida, donde se introduce la sonda pistón para tomar muestras no alteradas (ver Figura 18). El diámetro más común es de 40 mm, y el grado de alteración de la muestra es muy bajo.

Figura 17. Sonda manual de media caña.



Fuente: catálogo Eijelkamp

Figura 18. Sonda de pistón.



Fuente: catálogo Eijelkam

5.7 DISEÑO DE HERRAMIENTA PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE PISCINAS NO REMEDIADAS DEL CAMPO COLORADO.

El diseño de la herramienta para la extracción de muestras trabaja con lodos dispuestos en suelos húmedos y poco rocosos con capacidad de extraer aproximadamente 700 gramos del material contaminante, su uso es extremadamente básico, permite ser transportada con facilidad debido a su peso y al número de elementos que la componen; las piscinas de lodo de Campo Colorado tienen aproximadamente 1 m de profundidad y la capacidad del extractor con altura similar oscila entre 60 y 80 cm de muestra.

El diseño de la herramienta que se utiliza para el proceso de muestreo es sencillo y económico su costo es de \$ 150.000 pesos colombianos y está fabricado en su mayoría de hierro (o fierro como se conoce en algunos países hispanohablantes) debido a su bajo costo y tenacidad (ver anexo D). Los elementos que componen la herramienta descrita anteriormente con la función respectiva se presentan a continuación.

5.7.1 Pesa. La pesa tiene dos funciones, la primera es golpear la herramienta de abajo hacia arriba cuando ésta se encuentra atorada en la piscina impactando directamente en el travesaño. Una vez la herramienta se encuentre en suelo firme, la segunda función de la pesa es liberar el cabezal que se pega en el muestreador producto del impacto que se ejerce sobre él en el momento de perforar la piscina de lodo.

5.7.2 Muestreador. Es un tubo de 44x35 mm de espesor y longitud de 1 metro, en la parte superior contiene dos agujeros por donde se introduce el travesaño que al igual que la pesa sirven como mecanismo de desenrosque sin necesidad de realizar algún tipo de fuerza mayor. En el borde superior el muestreador está torneado de tal manera que al golpear la herramienta no sufra deformaciones,

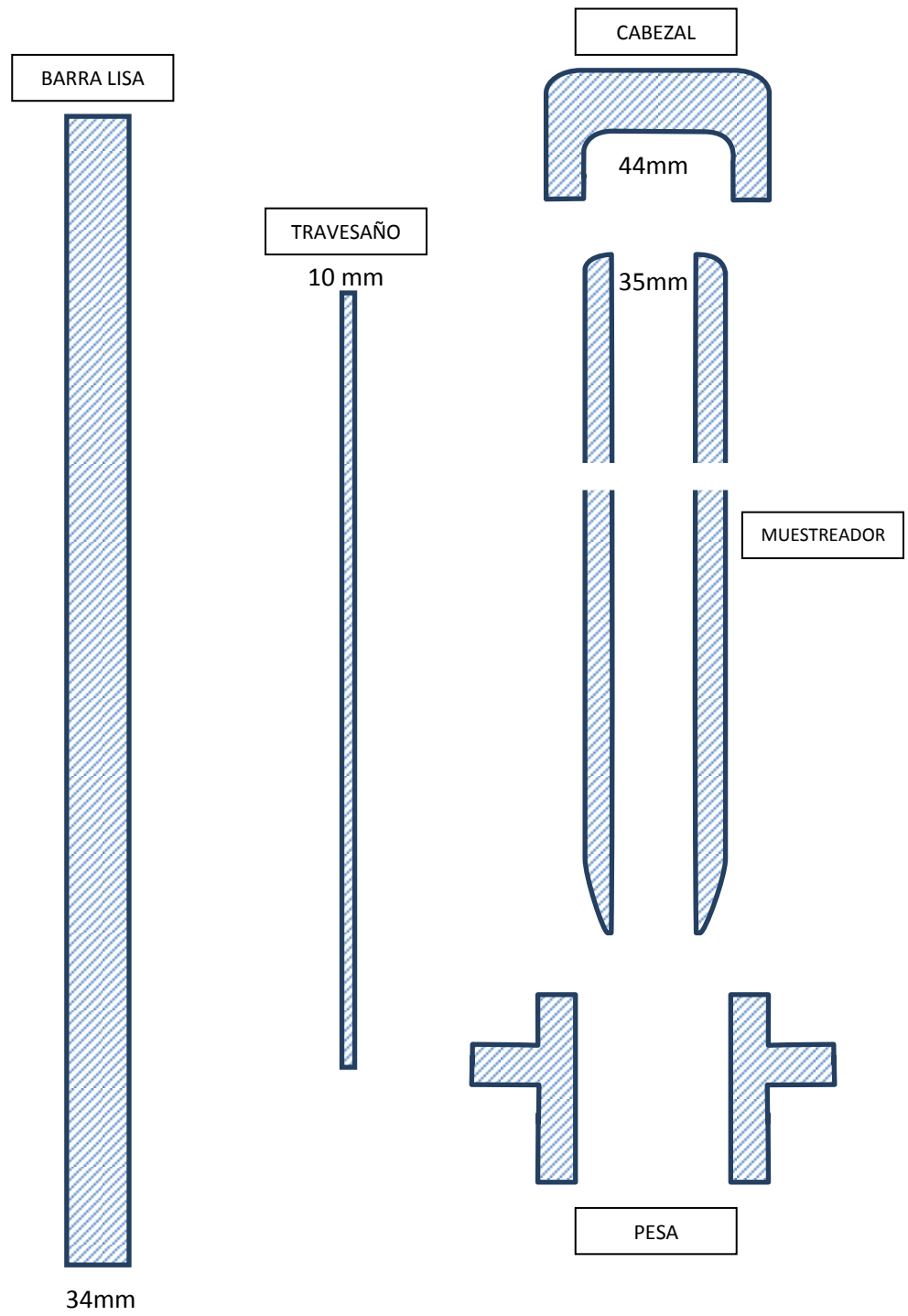
además, la parte inferior posee forma de broca que facilita la perforación en cada una de las piscinas.

5.7.3 Cabezal. Fabricada con acero reforzado dispuesta a recibir golpes, tiene como función principal proteger el muestreador y evitar cualquier tipo de deformación que pueda surgir a causa de los impactos que se producen al intentar introducir el extractor de muestras.

5.7.4 Travesaño. Su única función es servir como palanca para girar o llevar a superficie la herramienta y lograr extraer la muestra.

5.7.5 Barra lisa. Como su nombre lo indica es una barra sin agujeros que está hecha teniendo en cuenta las dimensiones del muestreador para que pueda ser introducida por la parte superior y extraer la muestra por medio de un empuje manual con ayuda de una superficie plana resistente.

Figura 19. Diseño herramienta de muestreo



Fuente: El autor

5.8 CORRIDA DE HERRAMIENTA Y TOMA DE MUESTRAS.

- ❖ **Paso 1:** Se posiciona la Herramienta en el punto de la piscina a muestrear despejando todo lo que pueda interrumpir el proceso (piedras, ramas, maleza y capa vegetal superior) tratando de retirar la menor parte posible de suelo contaminado con lodo de perforación; al mismo tiempo se incorpora la pesa y el cabezal en el orden respectivo. Este paso es fundamental para extraer la cantidad de muestra necesaria y evitar repetir este paso en un mismo punto, el cabezal y la pesa permitirán extraer la herramienta con facilidad sin tanto esfuerzo y en el menor tiempo posible (Ver figura 20).

- ❖ **Paso 2:** Con la ayuda de una porra se introduce el muestreador en la piscina de lodo tanto como se desee, en este caso 60 cm equivalen aproximadamente a 700 gramos de muestra necesarios para llevar a cabo el análisis en el laboratorio. (Ver figura 21).

- ❖ **Paso 3:** con el travesaño y la pesa, elementos mencionados y descritos anteriormente se extrae la herramienta. (Ver figura 22).

- ❖ **Paso 4:** Por último se hace uso de la barra lisa que hace la función de pistón, la muestra extraída debe depositarse en una lámina plástica cercana a la perforación, previniendo que accidentalmente se pueda reintroducir material ya extraído en ésta. Este procedimiento facilita posteriormente el rellenado del agujero de perforación en aquellos casos en que no se detecte contaminación, o la posible contaminación del área circundante en el caso de que ésta sí sea detectada (ver figura 23).

La muestra debe manipularse lo menos posible hasta su introducción, se toma la muestra directamente con las manos, o con espátulas en función del sistema de muestreo manual que se esté utilizando. En todos los casos se debe hacer uso de

los elementos de protección personal acordados en los factores operativos del proceso de muestreo.

Es importante recordar que, aún en el caso de realizarse muestreos en diferentes puntos con información acerca de la contaminación relativa de estos, de igual forma se debe guardar la precaución de limpiar exhaustivamente el equipo y cualquier herramienta que haya sido utilizada entre cada uno de ellos.

Figura 20. Paso 1

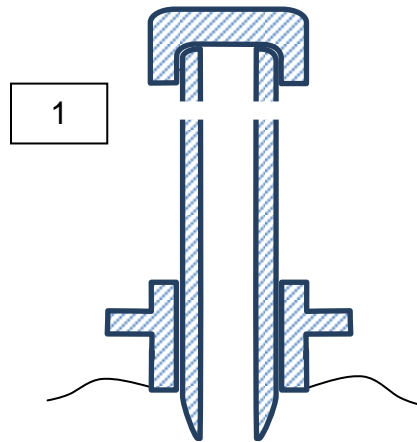


Figura 21. Paso 2

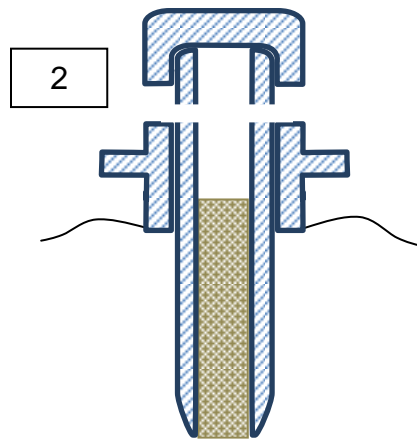


Figura 22. Paso 3

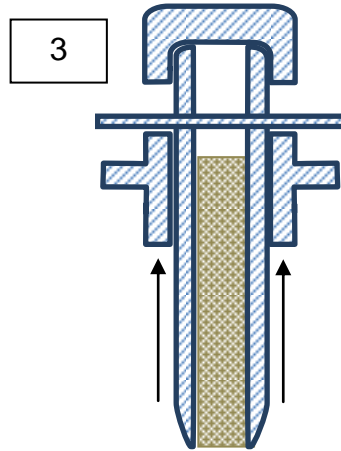


Figura 23. Paso 4



Fuente: El autor.

6. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE MUESTRAS DE LODO EXTRAIDAS DE PISCINAS NO REMEDIADAS DE CAMPO COLORADO

Teniendo en cuenta el parágrafo 1 correspondiente al Artículo 8° del decreto 4741 del 2005 con relación a los lugares acreditados para llevar a cabo procesos de caracterización fisicoquímica y el artículo 7 que reconoce la posibilidad de caracterizar cualquier residuo con la finalidad de conocer la peligrosidad, se lleva a cabo pruebas de laboratorio que permiten determinar la concentración de algunos metales y presencia de hidrocarburos propuestos por este decreto, la formulación de lodo y la experiencia del laboratorio químico de Consultas Industriales con trabajos en la industria del petróleo especialmente en lodos de perforación permiten lograr el objetivo.

Para el estudio de piscinas de lodo no remediadas de Campo Colorado es necesario el informe de resultados (anexo H) que entrega el laboratorio de Consultas Industriales de la Universidad Industrial de Santander acreditado por el IDEAM según la resolución No. 1659 de 2011, en los parámetros pH, DBO₅, DQO, SST, fenoles, SAAM, grasas y aceites en aguas, metales totales y disueltos en aguas, metales totales en suelos y toma de muestras puntuales y compuestos, además de la autorización del ministerio de la protección social, mediante la resolución 5534 de 2010, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano.

El trabajo de laboratorio determina el pH, grasas y aceites, temperatura y conductividad de 15 muestras de suelo donde fue depositado lodo de perforación hace algunos años, los análisis mencionados no se tienen en cuenta para el análisis de riesgos ambientales pero hacen parte de la propuesta de remediación, incluso pueden ser apoyo en proyectos de remediación in situ en Campo Colorado. Para analizar los metales se aplica el método de absorción atómica,

potenciométrico para el pH, extracción soxhlet para el análisis de grasas y aceites e hidrocarburos y finalmente el conductivimétrico para la conductividad.

Tabla 3. Análisis fisicoquímico de muestras de lodo

LABORATORIO DE CONSULTAS INDUSTRIALES		
Análisis	Método	Cantidad de muestras analizadas
pH	Potenciométrico	15

LABORATORIO DE CONSULTAS INDUSTRIALES		
Análisis	Método	Cantidad de muestras analizadas
Plomo	Absorción Atómica	15
Cadmio		
Cromo		
Cinc		
Plata		
Bario		
Calcio		
Magnesio		
Sodio		
Cobre		
Antimonio		

LABORATORIO DE CONSULTAS INDUSTRIALES		
Análisis	Método	Cantidad de muestras analizadas
Hidrocarburos totales Grasas y Aceites	Extracción Soxhlet	15

LABORATORIO DE CONSULTAS INDUSTRIALES		
Análisis	Método	Cantidad de muestras analizadas
Arsénico	Absorción Atómica /Generacion de hidrocarburos	15
Selenio		
Mercurio		

LABORATORIO DE CONSULTAS INDUSTRIALES		
Análisis	Método	Cantidad de muestras analizadas
Conductividad	Conductivimétrico	15

Fuente: los autores

7. EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES EN PISCINAS DE LODO DE CAMPO COLORADO

El riesgo ambiental es un factor que se debe considerar dentro de la gestión de riesgos de cualquier institución, debido a que la frecuencia y probabilidad de un suceso o incidente se puede presentar en cualquier momento o en un determinado lugar. Con frecuencia se observa que en una institución o empresa se presentan riesgos que están asociados a la infraestructura, al entorno o a los procesos mismos de desarrollo, pero se olvida que si estos no se tratan con oportunidad, las consecuencias podrían ser graves y acarrear a futuro problemas legales, económicos, sociales y ambientales. [11]

El riesgo ambiental es inherente a cualquier actividad, en mayor o menor grado. Hay dependencias, unidades o áreas que ciertamente tienen menos riesgo, pero por esto mismo no se puede descartar la toma de medidas preventivas, puesto que en cualquiera de estas, la presencia de un suceso indeseado podría ser mucho más grave. En este orden de ideas, la gestión de los riesgos ambientales, deberá ser un tema que ocupe y abarque a todas las instancias laborales y administrativas, incluida la alta dirección, por lo que es necesario trabajar en su identificación y evaluación.

Para identificar y evaluar un determinado riesgo es necesario conocer:

- **Las fuentes de riesgos presentes:** son los antecedentes legales o jurídicos, informes, estudios, investigaciones, diagnósticos que se han dado o emitido por Campo Colorado para demostrar la presencia de un riesgo.
- **Los identificadores de riesgo:** indican cómo y donde actúan las fuentes de riesgo en las condiciones normales de Campo Colorado.

- **Los efectos o consecuencias del riesgo:** son los impactos negativos, daños o perjuicios que pueden causar la no atención de un riesgo al hombre, medio natural, recursos naturales o bienes relacionados directa o indirectamente con Campo Colorado.

La metodología aplicada para evaluar los riesgos ambientales presentes en Campo Colorado en relación con las piscinas de lodo abandonadas se basan en modelos estándar de la Unión Europea y las normas técnicas colombianas.

7.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS AMBIENTALES

La identificación de los factores ambientales se da con el conocimiento y la interpretación de los peligros que pueden ser fuente de riesgo para la integridad humana, los recursos naturales y ambientales.

Para identificar los riesgos ambientales es necesario utilizar técnicas de apoyo que faciliten conocer con prontitud un peligro, dentro de las más importantes se encuentran:

- ❖ **Registro de inspección:** técnica basada en la realización de constantes visitas a las piscinas de lodo de Campo Colorado para verificar el estado de las mismas (anexo A).

La persona encargada de llevar a cabo el proyecto o de realizar el registro de inspección debe recopilar la mayor información disponible en torno a los principales riesgos ambientales que presenta cada piscina de lodo que no ha sido remediada o cerrada adecuadamente.

La información obtenida en las visitas de inspección es registrada en un formato diseñado especialmente para esta técnica. El formato debe estar acompañado en lo posible por fotografías o grabaciones en video que soporten la información descrita.

Los datos aportados por el registro de inspección se consignan en una base de datos para la confrontación de información, valoración y toma de decisiones frente a como minimizar el riesgo.


- ❖ **Lista de verificación:** técnica cuyo método consiste en elaborar una lista de todos los sucesos basada en la elaboración de un listado de situaciones o cuestiones de las que han sucedido en relación con las piscinas de lodo. Mediante esta técnica se puede detectar si por el incumplimiento de los anteriores aspectos, puede generarse riesgos o peligros para la comunidad aledaña residente en Campo Colorado.

Los datos entregados se consignan en una base de datos para la confrontación de la información, su valoración y posterior toma de decisiones frente a como minimizar un peligro.

- ❖ **Análisis de sucesos pronosticados:** técnica basada en la elaboración de un listado de las piscinas no remediadas de Campo Colorado que actualmente no han sido cerradas o remediadas que generan un riesgo y de las cuales se presume que va a producir una situación accidental. (Ver tabla 4)

Para poner en práctica esta técnica, es necesario formular una serie de interrogantes respecto a que antecedentes o experiencias se conocen. Las preguntas deben ser elaboradas con base en la trayectoria de los funcionarios que laboran en Campo Colorado preferiblemente con el personal encargado de la salud ocupacional, la seguridad industrial, el medio ambiente y la calidad.

Tabla 4. Reporte de piscinas de lodo del campo colorado

		REPORTE PISCINAS EN CAMPO COLORADO / ENERO 2011					
Piscinas Identificada	No de Piscinas	Reportado en 2006		Pozo Intervenido		Piscina remediada	
		Si	No	Si	No	Si	No
Col 3	1		X	X		X	
Col 13	1	X			X		X
Col 14	1		X		X		X
Col 16	2	X			X	X	
Col 18	2		X		X		X
Col 19	1	X			X	X	
Col 22	1	X			X		X
Col 24	1	X		X		X	
Col 25	1	X		X		X	
Col 26	1		X		X		X
Col 27	1	X		X		X	
Col 28	1		X		X		X
Col 29	1		X		X		X
Col 31	1		X	X		X	
Col 33	1		X	X		X	
Cl 38	2	X			X	X	
Col 42	1	X			X	X	
Col 43	1	X			X		X
Col 50	1	X			X		X
Col 62	1	X			X	X	
Col 63	1		X		X		X
Col 65	1	X			X		X
Col 66	1	X			X		X
Col 67	1		X	X		X	
Col 68	1	X			X	NO ES POSIBLE SU UBICACIÓN	NO ES POSIBLE SU UBICACIÓN
Col 71	1		X		X		X
Col 72	1		X		X		X
Col 76	1		X	X		X	
MOJADA	1	X		X			X

Fuente: Campo Colorado, modificado por los autores

La lista de sucesos pronosticados proporciona datos que deben ser consignados en una base de datos para la confrontación de la información, su valoración y posterior toma de decisiones frente a cómo responder al riesgo.

- ❖ **Análisis de registro de accidentes:** técnica basada en la elaboración de un estudio que recoge los antecedentes históricos de los accidentes ocurridos en Campo Colorado relacionados con piscinas de lodo abandonadas.

El estudio debe estar basado en:

- Bibliografía especializada.
- Bases de datos de accidentes presentados en Campo Colorado.
 - ✓ Registro de accidentes registrados por la Aseguradora de Riesgos Profesionales y en el Área de Salud Ocupacional.

La información obtenida se evalúa para tomar las medidas de reducción de un riesgo o peligro.

Teniendo en cuenta cada una de las técnicas de apoyo mencionadas y por cuestiones de confidencialidad de Campo Colorado reunir cada técnica y obtener la mayor información posible se convierte en la mejor alternativa de dar inicio a la evaluación de riesgos ambientales.

En el capítulo 5 se determina la ubicación, estado y dimensiones de las piscinas, este momento puede ser utilizado para realizar una inspección visual y recopilar la mayor información posible acerca de cada piscina.

La fotografía 1 explica el riesgo presente en el pozo Colorado 22 que está ubicado a pocos metros del río La Colarada y cuya piscina contiene grandes cantidades de Mercurio y otros elementos que pueden contaminar aguas freáticas que tendrían como destino el afluente.

Fotografía 1. Identificación de riesgos ambientales, rio la colorada.



Fuente: los autores 2012

Además de la inspección visual la entrevista también es una fuente de información para indagar sobre accidentes, anécdotas o experiencias que pueda compartir la población con el inspector como se observa en la fotografía 2. La información suministrada debe ser reforzada por testimonios verificables por profesionales HSEQ del campo.

La fotografía 3 es otro riesgo identificado. La escuela los colorados a pocos metros de distancia de la piscina de lodo del pozo Colorado 29 refleja la importancia de un proceso de remediación para zonas con alto contenido de plomo, cadmio, cromo y mercurio que pueden ocasionar muerte de células de órganos vitales con imposibilidad del órgano a desempeñar funciones biológicas.

Fotografía 2. Identificación de riesgos ambientales, familia Sánchez.



Fuente: los autores 2012

Fotografía 3. Identificación de riesgos ambientales, escuela Los Colorados.



Fuente: los autores 2012

El riesgo más evidente está presente en Colorado 43 y Colorado 71 (fotografía 4), la cercanía a viviendas hacen de estos lugares basureros o depósitos de residuos

no propiamente de la industria petrolera, allí es posible encontrar desde residuos de alimentos hasta enseres domésticos causantes de enfermedades por absorción a través de la piel. La falta de información sobre las actividades de Campo Colorado que generan residuos tóxicos y/o peligrosos al igual que las graves consecuencias que traen el contacto directo o indirecto tal y como se observa en la fotografía 5 y 6, reflejan riesgos que pueden afectar a un número indeterminado de habitantes y dejar de ser un problema puntual para ser global. Estas zonas se utilizan como abrevadero de vacas y caballos responsabilizando tanto al Campo como a los propietarios del ganado encargados de encerrar los sitios donde descansan los animales.

Fotografía 4. Identificación de riesgos ambientales, familia Gómez.



Fuente: los autores 2012

Fotografía 5. Identificación de riesgos ambientales.



Fuente: los autores 2012

Fotografía 6. Identificación de riesgos ambientales.



Fuente: los autores 2012

La evaluación del riesgo ambiental consiste en valorar los peligros identificados a partir de la determinación de un valor numérico que muestra la frecuencia o

probabilidad de ocurrencia y las consecuencias que estos generan dentro del sistema de evaluación.



La metodología para la evaluación del riesgo ambiental se basa en el modelo Europeo UNE 150008 EX (2000) y la norma colombiana Incontec GTC-104, este modelo facilita la identificación, análisis y evaluación de los riesgos ambientales de las piscinas de lodo de no remediadas de Campo Colorado.

7.2 ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL.

La formulación de los escenarios de riesgo ambiental se da con posterioridad a la identificación de los peligros potenciales relacionados con las piscinas de lodo, durante esta fase se materializan las posibles causas y la probabilidad de la gravedad de las consecuencias.



Después de utilizar cada técnica de apoyo e identificar las amenazas presentes en cada piscina ubicada en determinado pozo, se asignan en un formato denominado “formato de formulación de riesgos”.

Tabla 5. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental, COLORADO 22

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		 CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES	
FORMATO DE FORMULACION DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL			
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	
		Área: piscinas de lodo abandonadas	
ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CAUSAS
colorado 22	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	Estancamiento de agua por lluvia que se presenta en algunas épocas del año
colorado 22	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	Tránsito de personas o animales cerca a las piscinas de lodo que no poseen ningún tipo de advertencia
colorado 22	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Degradación del suelo	Presencia de sustancias que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos
colorado 22	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Contaminación de aguas freáticas	Presencia de sustancias, elementos o compuestos peligrosos en las piscinas de lodo
			Intoxicación de cierto número de personas por consumo de carne (enfermedad por vía digestiva)
			Problemas jurídicos o legales para la empresa
			Pérdida parcial o total de la productividad del suelo
			Contaminación de corrientes naturales cercanas a las piscinas de lodo



Fuente: los autores

Tabla 6. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental, MOJADA

 Universidad Industrial de Santander	CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES 			
Código:	FORMATO DE FORMULACION DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL			
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	Área: piscinas de lodo abandonadas			
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CAUSAS	CONSECUENCIAS
Mojada	_____	_____	_____	_____
Mojada	_____	_____	_____	_____
Mojada	_____	_____	_____	_____



Fuente: los autores

Tabla 7. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental, COLORADO 72, 66, 50, 18, 13, 26, 63 Y 65

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CAMPO ESCUELA COLORADO  CAMPO ESCUELA COLORADO		
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES				
FORMATO DE FORMULACION DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL				
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	Área: piscinas de lodo abandonadas	
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CAUSAS	CONSECUENCIAS
colorado 72,66,50,18,13,26,63,65	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	Estancamiento de agua por lluvia que se presenta en algunas épocas del año	Intoxicación de cierto número de personas por consumo de carne (enfermedad por vía digestiva)
colorado 72,66,50,18,13,26,63,65	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	Tránsito de personas o animales cerca a las piscinas de lodo que no poseen ningún tipo de advertencia	Problemas jurídicos o legales para la empresa
colorado 72,66,50,18,13,26,63,65	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Degradación del suelo	Presencia de sustancias que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos	Pérdida parcial o total de la productividad del suelo



Fuente: los autores

Tabla 8. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental, COLORADO 71 Y 43

		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES 			
Código:		FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL			
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas			
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CAUSAS	CONSECUENCIAS	
colorado 71-43	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	Estancamiento de agua por lluvia que se presenta en algunas épocas del año	Intoxicación de cierto número de personas por consumo de carne (enfermedad por vía digestiva)	
colorado 71-43	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	Tránsito de personas o animales cerca a las piscinas de lodo que no poseen ningún tipo de advertencia	Problemas jurídicos o legales para la empresa	
colorado 71-43	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Degradación del suelo	Presencia de sustancias que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos	Pérdida parcial o total de la productividad del suelo	
colorado 71-43	almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	Estancamiento de agua por lluvia que se presenta en algunas épocas del año	Enfermedades de origen viral	
colorado 71-43	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Mezcla de residuos peligrosos que generan ambientes inhóspitos	Utilizar las piscinas de lodo como depósito de aguas residuales y alimentos	Enfermedades respiratorias y traslado de la comunidad lo cual implica tiempo y dinero	

Fuente: los autores

Tabla 9. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental, COLORADO 14 Y 29

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		 CAMPO ESCUELA COLORADO		
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES				
FORMATO DE FORMULACION DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL				
Código:		Área: piscinas de lodo abandonadas		
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera				
ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESENARIO DE RIESGO	CAUSAS	CONSECUENCIAS
colorado 14 y 29	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	Estancamiento de agua por lluvia que se presenta en algunas épocas del año	Intoxicación de cierto número de personas por consumo de carne (enfermedad por vía digestiva)
colorado 14 y 29	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	Tránsito de personas o animales cerca a las piscinas de lodo que no poseen ningún tipo de advertencia	Problemas jurídicos o legales para la empresa
colorado 14 y 29	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Degradación del suelo	Presencia de sustancias que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos	Pérdida parcial o total de la productividad del suelo
colorado 14 y 29	almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	Estancamiento de agua por lluvia que se presenta en algunas épocas del año	Enfermedades de origen viral

Fuente: los autores



7.3 ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD / FRECUENCIA DEL RIESGO AMBIENTAL

Una vez identificados los escenarios de riesgo ambiental, es necesario asignar un valor numérico determinado a la probabilidad de ocurrencia de ese riesgo en función del conocimiento sobre las piscinas de lodo no remediadas.

En Campo Colorado la probabilidad de ocurrencia se determinará a través de la adjudicación de un puntaje (entre 1 y 5), con el cual y de acuerdo a los resultados se puede establecer unos periodos de frecuencia que pueden estar dados en años o meses.



PROBABILIDAD/ FRECUENCIA		VALOR
Muy probable	< Una vez al mes	5
Altamente probable	< Una vez al año < Una vez al mes	4
Probable	< Una vez en cada 10 años < Una vez al año	3
Posible	< Una vez cada 50 años y < Una vez cada 10 años	2
Improbable	< Una vez cada 50 años	1

Tabla 10. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 22.

		CAMPO ESCUELA COLORADO 	
Código:		FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD	
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas	
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-22	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	5
		Lesiones en personas y/o animales	3
		Degradación del suelo	4
		Contaminación de aguas freáticas	2

Fuente: los autores



Tabla 11. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, MOJADA.

Universidad Industrial de Santander 	CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES 		
Código:	FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD		
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	Área: piscinas de lodo abandonadas		
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina, mojada	_____	_____	-----

		_____	-----



Fuente: los autores

Tabla 12. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 18.

		CAMPO ESCUELA COLORADO 	
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES			
FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD			
Código:	Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	Área: piscinas de lodo abandonadas	
ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-18	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	5
		Lesiones en personas y/o animales	4
		Degradación del suelo	4



Fuente: los autores

Tabla 13. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 13.

 Universidad Industrial de Santander	CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES 		
Código:	FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD		
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	Área: piscinas de lodo abandonadas		
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	
FRECUCIA			
Piscina , col-13	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	4
		Lesiones en personas y/o animales	3
		Degradación del suelo	3



Fuente: los autores

Tabla 14. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 14.

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		 CAMPO ESCUELA COLORADO	
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES			
FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD			
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	Área: piscinas de lodo abandonadas
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-14	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	5
		Lesiones en personas y/o animales	5
		Degradación del suelo	3
		Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	5



Fuente: los autores

Tabla 15. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 29.

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		 CAMPO ESCUELA COLORADO		
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES				
FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD				
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		
ESCENARIO IDENTIFICADO		Área: piscinas de lodo abandonadas		
FACTOR Y/O ASPECTO		ESCENARIO DE RIESGO		
FRECUENCIA		FRECUENCIA		
Piscina , col-29		Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)		5
		Lesiones en personas y/o animales		5
		Degradación del suelo		4
		Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios		5



Fuente: los autores

Tabla 16. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 26.

Universidad Industrial de Santander 	CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD		
Código:	Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de todo abandonadas
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-26	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	4
		Lesiones en personas y/o animales	2
		Degradación del suelo	4



Fuente: los autores

Tabla 17. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 28.

			
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES	
CÓDIGO:		FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD	
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lobo abandonadas	
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-28	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	5
		Lesiones en personas y/o animales	3
		Degradación del suelo	3



Fuente: los autores

Tabla 18. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 63.

 Universidad Industrial de Santander		 CAMPO ESCUELA COLORADO	
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES			
FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD			
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas	
ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-63	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3
		Lesiones en personas y/o animales	2
		Degradación del suelo	4



Fuente: los autores

Tabla 19. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 50.

 Universidad Industrial de Santander	CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD		 CAMPO ESCUELA COLORADO
Código:	Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-50	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	5
		Lesiones en personas y/o animales	5
		Degradación del suelo	3



Fuente: los autores

Tabla 20. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 66.

Universidad Industrial de Santander 	CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES 		
Código:	FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD		
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	Área: piscinas de lodo abandonadas		
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-66	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	1
		Lesiones en personas y/o animales	2
		Degradación del suelo	3



Fuente: los autores

Tabla 21. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 72.

Universidad Industrial de Santander 	CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD		
Código:	Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-72	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	4
		Lesiones en personas y/o animales	3
		Degradación del suelo	4



Fuente: los autores

Tabla 22. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 71.

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CAMPO ESCUELA COLORADO 	
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES			
FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD			
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	Área: piscinas de lodo abandonadas
ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-71	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	5
		Lesiones en personas y/o animales	3
		Degradación del suelo	2
		Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	5
		Mezcla de residuos peligrosos que generan ambientes inhóspitos	3



Fuente: los autores

Tabla 23. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 65.

			
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CAMPO ESCUELA COLORADO	
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES	
FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD			
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	
Área: piscinas de lodo abandonadas		Área: piscinas de lodo abandonadas	
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , coH65	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	1
		Lesiones en personas y/o animales	2
		Degradación del suelo	4

Fuente: los autores

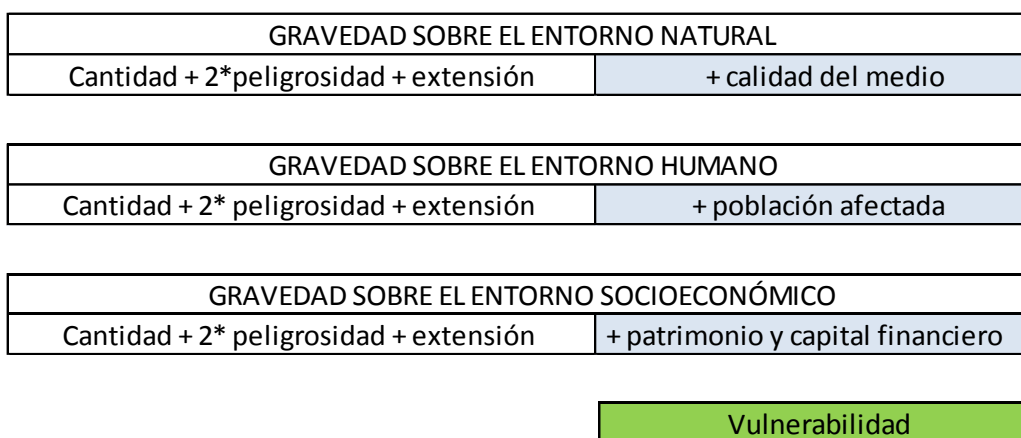
Tabla 24. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental y estimación de probabilidad, COLORADO 43.

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CAMPO ESCUELA COLORADO 	
Código:		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES	
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas	
FORMATO DE FORMULACIÓN DE ESCENARIO DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD		FORMATO DE FORMULACIÓN DE RIESGO AMBIENTAL Y ESTIMACIÓN DE PROBABILIDAD	
ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	FRECUENCIA
Piscina , col-43	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	5
		Lesiones en personas y/o animales	4
		Degradación del suelo	3
		Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	4
		Mezcla de residuos peligrosos que generan ambientes inhóspitos	4

Fuente: los autores

7.4 ESTIMACIÓN DE LA GRAVEDAD DE LAS CONSECUENCIAS DEL RIESGO AMBIENTAL

En esta fase se determina hasta qué punto los riesgos ambientales identificados en relación con las piscinas de lodo no remediadas de Campo Colorado y su grado de presenciabilidad o probabilidad pueden afectar las personas que residen en el campo y el ambiente en general. La gravedad de las consecuencias se determina a través de las fórmulas que permiten definir el grado de vulnerabilidad sobre lo natural, lo humano y lo socioeconómico⁹.



La estimación de la gravedad de las consecuencias para cada uno de los aspectos (entorno natural, entorno humano y entorno socioeconómico) se determina a través de los siguientes valores:

Tabla 25. Gravedad sobre el entorno natural

GRAVEDAD SOBRE EL ENTORNO NATURAL				
VALOR	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO
4	Muy alta	Muy peligrosa	Muy extenso	Muy elevada
3	Alta	Peligrosa	Extenso	Elevada
2	Poca	Poco peligrosa	Poco extenso	Media
1	Muy poca	No peligrosa	Puntual	Baja

⁹ Guía Técnica Colombiana GTC 104. Gestión del riesgo ambiental. Principios y procesos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC. Bogotá, 2004.

Tabla 26. Gravedad sobre el entorno humano

GRAVEDAD SOBRE EL ENTORNO HUMANO				
VALOR	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA
4	Población muy elevada	Muerte o efectos irreversibles	Muy extenso	Más de 100
3	Elevada población	Daños graves	Extenso	Entre 25 y 100
2	Población media	Daños leves	Poco extenso	Entre 5 y 25
1	Baja población	Daños muy leves	Puntual	< 5 personas



Tabla 27. Gravedad sobre el entorno socioeconómico

GRAVEDAD SOBRE EL ENTORNO SOCIOECONÓMICO				
VALOR	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	PATRIMONIO Y CAPITAL FINANCIERO
4	Muy alta	Muy peligroso	Muy extenso	Muy alto
3	Alta	Peligroso	Extenso	Alto
2	Poca	Poco peligroso	Poco extenso	Bajo
1	Muy poca	No peligroso	Puntual	Muy bajo

Una vez estimada la gravedad de las consecuencias sobre los escenarios de riesgo (entornos natural, humano y socioeconómico) se estima la gravedad de las consecuencias en cada uno de los entornos con valores de 1 a 5, para el estudio de riesgos en Campo Colorado se tiene cuenta el siguiente cuadro.



VALORACIÓN		VALOR ASIGNADO
Crítico	Entre 18 y 20	Gravedad de 5
Grave	Entre 15 y 17	Gravedad de 4
Moderado	Entre 11 y 14	Gravedad de 3
Leve	Entre 8 y 10	Gravedad de 2
No relevante	Entre 5 y 7	Gravedad de 1

Tabla 28. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 22.

 Universidad Industrial de Santander		 CAMPO ESCUELA COLORADO							
		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO NATURAL									
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2			Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3	Piscina , cot-22	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Degradación del suelo	3	2	1	3	11	3
E4			Contaminación de aguas freáticas	3	3	1	4	14	3


Fuente: los autores

Tabla 29. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 22.

		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES 							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL_ GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO HUMANO									
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTAJACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	3	1	3	12	3
E2	Piscina , col-22	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	3	1	2	11	3
E3			Degradación del suelo	1	2	1	1	7	1
E4			Contaminación de aguas freáticas	4	4	1	4	17	4



Fuente: los autores

Tabla 30. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 22.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES CAMPO ESCUELA COLORADO							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS					Área: piscinas de todo abandonadas		
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		ENTORNO SOCIOECONOMICO							
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	4	3	1	4	15	4
E2	Piscina , col-22	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	4	3	1	4	15	4
E3			Degradación del suelo	2	2	1	2	9	2
E4			Contaminación de aguas freáticas	4	4	1	4	17	4



Fuente: los autores

Tabla 31. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 18.

		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL_ GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO NATURAL									
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELLIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	4	3	1	3	14	3
E2	Piscina , col-18	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3			Degradación del suelo	3	2	1	2	10	2



Fuente: los autores

Tabla 32. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 18.

		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES 									
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS									
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de fodo abandonadas									
ENTORNO HUMANO		ESCENARIO IDENTIFICADO		FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTAJACIÓN TOTAL
E1					Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2	Piscina , col-18		Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras		Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	2	12	3
E3					Degradación del suelo	2	2	1	1	8	2



Fuente: los autores

Tabla 33. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 18.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES						 CAMPO ESCUELA COLORADO			
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL_ GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS									
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas									
ENTORNO SOCIOECONOMICO		FACTOR Y/O ASPECTO		ESCENARIO DE RIESGO		CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTAJÓN TOTAL
No	ESCENARIO IDENTIFICADO					4	4	1	4	17	4
E1				Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)		4	4	1	4	17	4
E2	Piscina , col-18	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras		Lesiones en personas y/o animales		4	4	1	4	17	4
E3				Degradación del suelo		3	2	1	2	10	2



Fuente: los autores

Tabla 34. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 13.

									
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CAMPO ESCUELA COLORADO							
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
CÓDIGO:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO NATURAL									
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	2	1	2	9	2
E2	Piscina , col-13	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	2	1	2	9	2
E3			Degradación del suelo	1	1	1	1	5	1

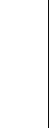

Fuente: los autores

Tabla 35. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 13.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES						 CAMPO ESCUELA COLORADO	
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO HUMANO									
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	2	1	2	9	2
E2	Piscina , col-13	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	2	1	2	9	2
E3			Degradación del suelo	1	1	1	1	5	1



Fuente: los autores

Tabla 36. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 13.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES  CAMPO ESCUELA COLORADO							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO SOCIOECONOMICO									
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	2	1	2	9	2
E2	Piscina , col-13	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	2	1	2	9	2
E3			Degradación del suelo	1	2	1	2	8	2



Fuente: los autores

Tabla 37. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 14.

		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera						Área: piscinas de lodo abandonadas	
ENTORNO NATURAL		ENTORNO NATURAL							
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSION	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1	Piscina , col-14	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2			Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3			Degradación del suelo	2	2	1	2	9	2
E4			Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	3	3	1	3	13	3



Fuente: los autores

Tabla 38. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 14.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES 							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO HUMANO									
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2		Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3			Degradación del suelo	2	2	1	1	8	2
E4	Piscina , col-14		Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	3	4	1	3	15	4



Fuente: los autores

Tabla 39. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 14.

									
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera							
ENTORNO SOCIOECONOMICO		Área: piscinas de lodo abandonadas							
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTAJACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2			Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3			Degradación del suelo	2	3	1	2	11	3
E4			Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	3	4	1	3	15	4



Fuente: los autores

Tabla 40. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 29.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL_ GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS						 CAMPO ESCUELA COLORADO			
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera						Área: piscinas de lodo abandonadas			
ENTORNO NATURAL		FACTORES Y/O ASPECTO		ESCENARIO DE RIESGO		CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTAJÓN TOTAL
No	ESCENARIO IDENTIFICADO										
E1	Piscina , col-29	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras		Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)		3	3	1	3	13	3
E2				Lesiones en personas y/o animales		3	3	1	3	13	3
E3				Degradación del suelo		3	2	1	2	10	2
E4				Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios		3	4	1	3	15	4



Fuente: los autores

Tabla 41. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 29.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO 							
		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO HUMANO									
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	4	1	3	15	4
E2		Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3	Piscina , col-29		Degradación del suelo	2	2	1	1	8	2
E4			Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	3	4	1	3	15	4



Fuente: los autores

Tabla 42. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 29.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO  CAMPO ESCUELA COLORADO								
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS								
Código:	Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera	Área: piscinas de lodo abandonadas								
ENTORNO SOCIOECONOMICO		ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTAJUE TOTAL
E1				Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2			Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3				Degradación del suelo	2	3	1	2	11	3
E4				Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	3	4	1	3	15	4



Fuente: los autores

Tabla 43. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 26.

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES						 CAMPO ESCUELA COLORADO											
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS																	
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de todo abandonadas																	
ENTORNO NATURAL		ESCENARIO IDENTIFICADO		FACTOR Y/O ASPECTO		ESCENARIO DE RIESGO		CANTIDAD		PELIGROSIDAD		EXTENSIÓN		CALIDAD DEL MEDIO		GRAVEDAD		PUNTAJÓN TOTAL	
E1						Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)		3		3		1		3		13		3	
E2	Piscina , col-26			Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras		Lesiones en personas y/o animales		3		3		1		2		12		3	
E3						Degradación del suelo		2		3		1		1		10		2	


Fuente: los autores

Tabla 44. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 26.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES						 ESCUELA COLORADO	
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO HUMANO									
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	3	1	2	11	3
E2	Piscina , col-26	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	3	1	2	11	3
E3			Degradación del suelo	1	2	1	1	7	1


Fuente: los autores

Tabla 45. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias,
COLORADO 26.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO CAMPO ESCUELA COLORADO							
		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera ENTORNO SOCIOECONOMICO		Área: piscinas de lodo abandonadas							
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTAJACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2	Piscina , col-26	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3			Degradación del suelo	2	2	1	2	9	2



Fuente: los autores

Tabla 46. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 28.

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS											
Código:		Área: piscinas de lodo abandonadas											
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		ESCENARIO IDENTIFICADO		FACTOR Y/O ASPECTO		ESCENARIO DE RIESGO		CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTAJÓN TOTAL
ENTORNO NATURAL													
E1						Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)		3	3	1	3	13	3
E2	Piscina , col-28	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras				Lesiones en personas y/o animales		3	3	1	3	13	3
E3						Degradación del suelo		2	2	1	2	9	2



Fuente: los autores

Tabla 47. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 28.

									
Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO							
Código:		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
ENTORNO HUMANO		Área: piscinas de lodo abandonadas							
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTAJACIÓN TOTAL
E1	Piscina , col-28	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	3	1	2	11	3
E2	Piscina , col-28	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	3	1	2	11	3
E3	Piscina , col-28	Degradación del suelo	Degradación del suelo	1	2	1	1	7	1


Fuente: los autores

Tabla 48. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 28.

									
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Código:		Área: piscinas de lodo abandonadas							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		ENTORNO SOCIOECONOMICO							
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1	Piscina , col-28	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2	Piscina , col-28	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3	Piscina , col-28	Degradación del suelo	Degradación del suelo	2	2	1	2	9	2



Fuente: los autores

Tabla 49. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 63.

 Universidad Industrial de Santander CAMPO ESCUELA COLORADO		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO NATURAL									
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTAJACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	4	4	1	4	17	4
E2	Piscina , col-63	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3			Degradación del suelo	3	3	1	2	12	3



Fuente: los autores

Tabla 50. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 63.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							 CAMPO ESCUELA COLORADO				
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera							Área: piscinas de lodo abandonadas				
ENTORNO HUMANO		ESCENARIO IDENTIFICADO		FACTOR Y/O ASPECTO		ESCENARIO DE RIESGO		CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTAJACIÓN TOTAL
E1							Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	4	1	3	15	4
E2	Piscina , col-63	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras					Lesiones en personas y/o animales	2	3	1	2	11	3
E3							Degradación del suelo	1	2	1	1	7	1



Fuente: los autores

Tabla 51. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 63.

 UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		CAMPO ESCUELA COLORADO  CAMPO ESCUELA COLORADO							
Código:		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
ENTORNO SOCIOECONOMICO		Área: piscinas de fodo abandonadas							
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	4	4	1	4	17	4
E2	Piscina , col-63	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3			Degradación del suelo	2	3	1	2	11	3



Fuente: los autores

Tabla 52. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 50.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO CAMPO ESCUELA COLORADO							
 CAMPO ESCUELA COLORADO		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO NATURAL									
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTAJACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2	Piscina , col-50	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3			Degradación del suelo	3	3	1	2	12	3



Fuente: los autores

Tabla 53. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 50.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							 CAMPO ESCUELA COLORADO		
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS									
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas									
ENTORNO HUMANO											
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSION	POBLACION AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTUACION TOTAL		
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	3	1	3	12	3		
E2	Piscina , col-50	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	3	1	2	11	3		
E3			Degradación del suelo	1	2	1	1	7	1		



Fuente: los autores

Tabla 54. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 50.

									
Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO							
Código:		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
ENTORNO SOCIOECONOMICO		Área: piscinas de lodo abandonadas							
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSION	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTAJÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2	Piscina , col-50	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3			Degradación del suelo	2	3	1	2	11	3



Fuente: los autores

Tabla 55. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 66.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO  CAMPO ESCUELA COLORADO							
Código:		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
ENTORNO NATURAL		Área: piscinas de lodo abandonadas							
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTAJÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	2	1	1	8	2
E2	Piscina , col-66	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	2	1	1	8	2
E3			Degradación del suelo	2	2	1	1	8	2



Fuente: los autores

Tabla 56. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 66.

		CAMPO ESCUELA COLORADO 							
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL_ GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Código:		Área: piscinas de lodo abandonadas							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		ENTORNO HUMANO							
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	1	2	1	2	8	2
E2	Piscina , col-66	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	1	2	1	1	7	1
E3			Degradación del suelo	1	2	1	1	7	1



Fuente: los autores

Tabla 57. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 66.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							 CAMPO ESCUELA COLORADO				
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS											
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas											
ENTORNO SOCIOECONOMICO		ESCENARIO IDENTIFICADO		FACTOR Y/O ASPECTO		ESCENARIO DE RIESGO		CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTAJACIÓN TOTAL
E1							Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	2	1	2	9	2
E2	Piscina , col-66	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras				Lesiones en personas y/o animales		2	2	1	2	9	2
E3						Degradación del suelo		2	2	1	2	9	2



Fuente: los autores

Tabla 58. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 72.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							 CAMPO ESCUELA COLORADO				
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS											
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas											
ENTORNO NATURAL		ESCENARIO IDENTIFICADO		FACTOR Y/O ASPECTO		ESCENARIO DE RIESGO		CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1						Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)		3	3	1	3	13	3
E2	Piscina , col-72	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras				Lesiones en personas y/o animales		2	2	1	2	9	2
E3						Degradación del suelo		3	3	1	3	13	3



Fuente: los autores

Tabla 59. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 72.

		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES 							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO HUMANO									
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	3	1	3	12	3
E2	Piscina , col-72	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	3	1	2	11	3
E3			Degradación del suelo	2	3	1	1	10	2



Fuente: los autores

Tabla 60. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 72.

		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS											
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas									
ENTORNO SOCIOECONOMICO		ESCENARIO IDENTIFICADO		FACTOR Y/O ASPECTO		ESCENARIO DE RIESGO		CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1							Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	3	1	3	13	3
E2	Piscina , col-72		Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras				Lesiones en personas y/o animales	3	3	1	3	13	3
E3							Degradación del suelo	3	2	1	2	10	2



Fuente: los autores

Tabla 61. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 71.

		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera						Área: piscinas de lodo abandonadas	
ENTORNO NATURAL									
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTAJÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	2	1	2	9	2
E2			Lesiones en personas y/o animales	2	2	1	1	8	2
E3	Piscina , col-71	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Degradación del suelo	2	3	1	1	10	2
E4			Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	2	2	1	1	8	2
E5			Mezcla de residuos peligrosos que generan ambientes inhóspitos	2	1	1	2	7	1



Fuente: los autores

Tabla 62. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 71.

		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Código:		Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera						Área: piscinas de lodo abandonadas	
ENTORNO HUMANO									
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1	Piscina , col-71	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	3	1	3	12	3
E2			Lesiones en personas y/o animales	2	3	1	2	11	3
E3			Degradación del suelo	1	1	1	1	5	1
E4			Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	2	3	1	2	11	3
E5			Mezcla de residuos peligrosos que generan ambientes inhóspitos	1	3	1	1	9	2



Fuente: los autores

Tabla 63. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 71.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO 							
Código:		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera ENTORNO SOCIOECONOMICO		Área: piscinas de lodo abandonadas							
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTAJÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	2	1	3	10	2
E2			Lesiones en personas y/o animales	2	3	1	4	13	3
E3	Piscina , col-71	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Degradación del suelo	2	2	1	3	10	2
E4			Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	2	3	1	3	12	3
E5			Mezcla de residuos peligrosos que generan ambientes inhóspitos	2	3	1	3	12	3



Fuente. Los autores

Tabla 64. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 65.

 Universidad Industrial de Santander		 CAMPO ESCUELA COLORADO							
EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
CÓDIGO:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO NATURAL									
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	2	1	1	8	2
E2	Piscina , col-65	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	2	1	1	8	2
E3			Degradación del suelo	2	2	1	1	8	2



Fuente: los autores

Tabla 65. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 65.

									
Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO							
Código:		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
ENTORNO HUMANO		Área: piscinas de lodo abandonadas							
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	1	1	1	1	5	1
E2	Piscina , col-65	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	1	1	1	1	5	1
E3			Degradación del suelo	1	1	1	1	5	1



Fuente: los autores

Tabla 66. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 65.

									
Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO							
Código:		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
ENTORNO SOCIOECONOMICO		Área: piscinas de lodo abandonadas							
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	2	2	1	1	8	2
E2	Piscina , col-65	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Lesiones en personas y/o animales	2	2	1	2	9	2
E3			Degradación del suelo	2	2	1	1	8	2



Fuente: los autores

Tabla 67. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 43.

		CAMPO ESCUELA COLORADO EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES 							
Código:		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		Área: piscinas de lodo abandonadas							
ENTORNO NATURAL									
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CALIDAD DEL MEDIO	GRAVEDAD	PUNTAJÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	4	4	1	4	17	4
E2			Lesiones en personas y/o animales	3	4	1	3	15	4
E3	Piscina , col-43	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Degradación del suelo	3	3	1	3	13	3
E4			Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	3	4	1	3	15	4
E5			Mezcla de residuos peligrosos que generan ambientes inhóspitos	3	3	1	3	13	3



Fuente: los autores

Tabla 68. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 43.

									
Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO							
Código:		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
ENTORNO HUMANO		Área: piscinas de lodo abandonadas							
No	ESENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	POBLACIÓN AFECTADA	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	3	4	1	3	15	4
E2			Lesiones en personas y/o animales	3	4	1	3	15	4
E3	Piscina , col-43	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Degradación del suelo	2	2	1	3	10	2
E4			Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	3	4	1	3	15	4
E5			Mezcla de residuos peligrosos que generan ambientes inhóspitos	3	3	1	3	13	3

Fuente: los autores

Tabla 69. Formato de formulación escenario de riesgo ambiental gravedad y consecuencias, COLORADO 43.

 Universidad Industrial de Santander		CAMPO ESCUELA COLORADO 							
Código:		EVALUACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES							
Nombre de la persona que registra datos : Jackson Rivera		FORMATO FORMULACIÓN DE ESCENARIOS DE RIESGO AMBIENTAL. GRAVEDAD Y CONSECUENCIAS							
ENTORNO SOCIOECONOMICO		Área: piscinas de lodo abandonadas							
No	ESCENARIO IDENTIFICADO	FACTOR Y/O ASPECTO	ESCENARIO DE RIESGO	CANTIDAD	PELIGROSIDAD	EXTENSIÓN	CAPITAL FINANCIERO	GRAVEDAD	PUNTUACIÓN TOTAL
E1			Lugar utilizado como abrevadero por animales (vacas y caballos)	4	4	1	4	17	4
E2			Lesiones en personas y/o animales	4	3	1	4	15	4
E3	Piscina , col-43	Almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras	Degradación del suelo	3	3	1	2	12	3
E4			Crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios	4	4	1	4	17	4
E5			Mezcla de residuos peligrosos que generan ambientes inhóspitos	4	3	1	3	14	3

Fuente: los autores

7.5 EVALUACIÓN EL RIESGO AMBIENTAL

La evaluación del riesgo ambiental se da a partir de la estimación que se haga del producto de las probabilidades y la gravedad de las consecuencias sobre cada entorno (cruce vertical y horizontal de los valores). Para alcanzar la evaluación final del riesgo ambiental es necesario elaborar una matriz (figura 24) que identifique los escenarios por cada riesgo y su probabilidad de ocurrencia de acuerdo con los valores asignados para la gravedad de las consecuencias.

Los riesgos se catalogan en función del color estándar establecido y se ubica en la tabla según el grado de intensidad o gravedad.

Figura 24. Matriz de evaluación de riesgos

		Consecuencias (Gravedad)				
		1	2	3	4	5
Probabilidad (frecuencia)	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Tabla 70. Tabla de colores para determinar el grado de complejidad de un riesgo.

	Riesgo muy alto: 21 -25
	Riesgo alto: 16 -20
	Riesgo medio: 11 - 15
	Riesgo moderado : 6 -10
	Riesgo bajo; 1 - 5

Tabla 71. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 22.

22	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2			E4		
	3			E2		
	4			E3		
	5			E1		

22	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2				E4	
	3			E2		
	4	E3				
	5			E1		

22	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2				E4	
	3				E2	
	4		E3			
	5				E1	

Fuente: los autores

Tabla 72. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 18.

18	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4		E3	E2		
	5			E1		

18	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4		E3	E2		
	5			E1		

18	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4		E3		E2	
	5				E1	

Fuente: los autores

Tabla 73. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 13.

13	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3	E3				
	4		E1-2			
	5					

13	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3	E3				
	4		E1-2			
	5					

13	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3		E3			
	4		E1-2			
	5					

Fuente: los autores

Tabla 74. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 14.

14	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3		E3			
	4					
	5			E1-2-4		

14	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3		E3			
	4					
	5			E1-2	E4	

14	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4					
	5			E1-2-3	E4	

Fuente: los autores

Tabla 75. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 29.

29	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4		E3			
	5			E1-2	E4	

29	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4		E3			
	5			E2	E1-4	

29	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4			E3		
	5			E1-2	E4	

Fuente: los autores

Tabla 76. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 26.

26	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2			E2		
	3					
	4		E3	E1		
	5					

26	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2			E2		
	3					
	4	E3		E1		
	5					

26	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2			E2		
	3					
	4		E3	E1		
	5					

Fuente: los autores

Tabla 77. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 28.

28	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3		E3	E2		
	4					
	5			E1		

28	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3	E3		E2		
	4					
	5			E1		

28	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3		E3	E2		
	4					
	5			E1		

Fuente: los autores

Tabla 78. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 63.

63	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2			E2		
	3				E1	
	4			E3		
	5					

63	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2			E2		
	3				E1	
	4	E3				
	5					

63	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2			E2		
	3				E1	
	4			E3		
	5					

Fuente: los autores

Tabla 79. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 50.

50	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3			E3		
	4					
	5			E1-2		

50	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3	E3				
	4					
	5			E1-2		

50	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3			E3		
	4					
	5			E1-2		

Fuente: los autores

Tabla 80. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 66.

66	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1		E1			
	2		E2			
	3		E3			
	4					
	5					

66	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1		E1			
	2	E2				
	3	E3				
	4					
	5					

66	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1		E1			
	2		E2			
	3		E3			
	4					
	5					

Fuente: los autores

Tabla 81. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 72.

72	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3		E3			
	4			E1-2		
	5					

72	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3			E2		
	4		E3	E1		
	5					

72	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3			E2		
	4		E3	E1		
	5					

Fuente: los autores

Tabla 82. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 71.

71	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2		E3			
	3	E5	E2			
	4					
	5		E1-4			

71	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2	E3				
	3		E5	E2		
	4					
	5			E1-4		

71	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2		E3			
	3			E2-5		
	4					
	5		E1	E4		

Fuente: los autores

Tabla 83. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 65.

65	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1		E1			
	2		E2			
	3					
	4		E3			
	5					

65	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1	E1				
	2	E2				
	3					
	4	E3				
	5					

65	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1		E1			
	2		E2			
	3					
	4		E3			
	5					

Fuente: los autores

Tabla 84. Evaluación del riesgo ambiental por entorno, COLORADO 43.

43	Consecuencias Entorno Natural					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3			E3		
	4			E5	E2-4	
	5				E1	

43	Consecuencias Entorno Humano					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3		E3			
	4			E5	E2-4	
	5				E1	

43	Consecuencias E. Socioeconómico					
Probabilidad		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3			E3		
	4			E5	E2-4	
	5				E1	

Fuente: los autores

7.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS SEGÚN LA EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL PARA CADA PISCINA NO REMEDIADA DE CAMPO COLORADO.

Los riesgos ambientales se analizan desde el punto de vista natural, teniendo en cuenta la vulnerabilidad del entorno al daño ambiental (contaminación) y los factores del medio que pueden generar un riesgo para los habitantes de zonas aledañas a los sumideros que no poseen ningún tipo de tratamiento. Desde el punto de vista humano, relacionado con el impacto sobre la salud humana como intoxicaciones agudas, subagudas o crónicas, que afectan entre otras, el cerebro, el corazón, los riñones, los pulmones, la piel y el sistema nervioso. Desde el punto de vista socioeconómico, incluye los costos de cada consecuencia en función del mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.






Para el análisis de las consecuencias sobre el entorno humano se tiene en cuenta la figura 25 que proporciona la clasificación de los elementos químicos que están presentes en esta zona (piscinas de lodo) que debido a su estructura o en combinación con otros en forma de compuestos, son perjudiciales al hombre y ocasionan daños irreversibles al ser humano. Los elementos seleccionados dentro del estudio se hacen teniendo en cuenta la formulación de lodo de años anteriores y el decreto 4741 del 2005 (anexo G)

Figura 25. Tabla periódica, clasificación de los elementos químicos según la peligrosidad.

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Periodo																		
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt									

Fuente: los autores

Tabla 85. Tabla de colores para clasificar los elementos químicos según la peligrosidad.

	Muy tóxico
	Moderadamente tóxico
	Ligeramente tóxico
	Esencial para el hombre
	No afecta la investigación

- **Muy tóxicos:** sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeñas cantidades, pueden provocar la muerte o efectos agudos o crónicos para la salud.
- **Tóxicos:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades, provoca la muerte o efectos agudos o crónicos para la salud.
- **Nocivos:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden provocar la muerte o efectos agudos o crónicos para la salud.
- **Corrosivos:** las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos, pueden ejercer una acción destructiva de los mismos.
- **Irritantes:** las sustancias y preparados no corrosivos que, por contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas, pueden provocar una reacción inflamatoria.
- **Cancerígenos:** las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden producir cáncer o aumentar su frecuencia.

Los agentes químicos peligrosos pueden entrar en el organismo por:

- Inhalación a través de los pulmones.
- Absorción a través de la piel.
- Ingestión a través de la boca.

Los daños vienen ocasionados por:

- La composición química del agente químico peligroso.
- La forma en que se utiliza o se halla presente dicho agente químico peligroso (polvo, aerosol y vapor...)
- Las vías de entrada del agente químico en el organismo humano, ya que estas ocasionan distintos efectos sobre la salud.
- La reacción de cada persona al agente químico por sus características personales o estado biológico.
- La concentración, duración y frecuencia de la exposición.

7.6.1 Análisis de resultados, colorado 22. El pozo con nombre Colorado 22 limita con el río La colorada, este lugar que fue utilizado por la industria petrolera almacena sustancias peligrosas que afectan el entorno natural y humano al ser utilizados como abrevadero por animales que circulan por el lugar principalmente vacas y algunos caballos; la frecuencia, la posibilidad de que ocurra este hecho y la presencia de magnesio (875,7 mg/Kg) y mercurio (712 µg/Kg) clasifican este riesgo en una categoría media; las lesiones en personas son un riesgo moderado, el lugar que en su momento fue una piscina de lodo está bastante distante de la carretera que comunica el campo, con pocas probabilidades de que se presente esta situación. La degradación del suelo tiene el impacto más notorio en el entorno natural (riesgo medio) la presencia de elementos químicos perjudiciales para el medio ambiente como el plomo (< 5,5 mg/Kg) y el cadmio (0,6 mg/Kg) están presentes en pequeñas cantidades y otros casi nulos como el selenio que según las pruebas fisicoquímicas no es posible su detección. El impacto en la degradación del suelo es seguido por el entorno socioeconómico (riesgo

moderado) por la poca influencia de personas que representan costos elevados a la empresa encargada del campo si ocurre algún accidente relacionado con las piscinas de lodo. La contaminación de aguas freáticas es un riesgo presente sólo en este pozo por la cercanía al río, puede contaminar aguas subterráneas o freáticas que convergen en el río causando un daño más grave. En la contaminación de cuerpos de agua el riesgo humano es directamente proporcional al riesgo socioeconómico, a medida que aumenta la contaminación, aumenta el número de la población afectada y las indemnizaciones que tendría que afrontar Campo Colorado para reparar el daño ambiental.

7.6.2 Análisis de resultados, colorado 18. El pozo con nombre Colorado 18 se encuentra ubicado a pocos metros de la carretera que lo comunica con los demás pozos de Campo Colorado, permite el fácil acceso de ganado y personas que utilizan en caso de los animales esta zona para el consumo de agua, la piscina representa un riesgo medio y afecta de igual manera al entorno natural y humano. Según los resultados de laboratorio el residuo dispuesto en esta zona está constituido por cromo (6,04 mg/kg), cinc (71,5 mg/kg), cobre (44,4 mg/kg) y mercurio (222,4 µg/kg) aunque las concentraciones no son críticas el contacto puede afectar la salud de los circundantes al igual que el agua, el aire y el suelo.

Las sustancias peligrosas que afectan los seres vivos, degradan el suelo (riesgo moderado) y aumentan el riesgo socioeconómico no son determinantes a la hora de hacer la evaluación de riesgos ambientales, un aspecto a tener en cuenta es la ubicación del pozo (piscina de lodo) que ayuda a cuantificar la población que está expuesta a el peligro o puede verse afectada según las actividades que se realicen en el lugar.

7.6.3 Análisis de resultados, colorado 13. El riesgo presente en el pozo con nombre Colorado 13 en relación con el uso de esta piscina de lodo como abrevadero y la posibilidad de que ocurra algún accidente es moderado en

cualquiera de los tres entornos (natural, humano y socioeconómico); la piscina de lodo que carece de viviendas o ríos cercanos posee una baja concentración de plomo, arsénico, cadmio, selenio y cromo que hacen este lugar inofensivo para los habitantes de Colorado pero riesgoso para la entidad a cargo del Campo pues la probabilidad de degradación del suelo es media. El porcentaje de hidrocarburos dispuestos en suelo producto de residuos de perforación es de 0,044% bastante bajo en comparación con la piscina ubicada en el pozo Colorado 72, Colorado 43 y Colorado 63.

7.6.4 Análisis de resultados, colorado 14. Dentro de la lista de residuos peligrosos de actividades petroleras se encuentra: lodos y residuos de perforaciones que contienen agua dulce, lodos y residuos de perforaciones que contienen hidrocarburos y otros residuos que contengan sustancias peligrosas. El pozo Colorado 14 cercano a la escuela Los colorados contiene un porcentaje de hidrocarburos totales de 0,02 % que no es representativo y bajas concentraciones de plomo y cadmio, la ubicación de esta piscina sin remediación presenta un riesgo medio al hablar de entorno natural o humano haciendo referencia a lesiones o accidentes que pueden ocurrir con los estudiantes de la escuela. El Colorado 14 posee una piscina con un aspecto particular que la hace diferente al resto de sumideros que han sido objeto de estudio, el agua estancada de color café oscuro refleja la contaminación del lugar con 266,9 µg/kg de mercurio que al entrar en contacto con el ser humano afecta el hígado, el cerebro y los riñones en cuestión de minutos; las altas concentraciones de magnesio (922,7mg/kg) principal contaminante de cuerpos de agua pueden llegar a atrofiar el cerebro por la inhalación de polvos y humos. Además de las características de la piscina, el agua estancada favorece el crecimiento de agentes infecciosos y parasitarios (riesgo alto) afectando al entorno humano y socioeconómico si se habla de las enfermedades de transmisión y los costos necesarios para remediar el daño respectivamente.

7.6.5 Análisis de resultados, colorado 29. El Colorado 29 y el Colorado 14 son dos pozos cercanos a la escuela Los colorados, en cuanto a distancia el primero se encuentra frente al colegio con una aceptable delimitación alrededor de la piscina. Es la zona con más concentración de mercurio (863 µg/kg) suficiente para contaminar el agua, el aire y causar envenenamiento en cualquier persona que entre en contacto con él, la piscina que en su momento almacenó residuos de perforación se encuentra cubierta por plantas creando una falsa superficie y aumentado el riesgo frente al entorno humano. El riesgo de uso como abrevadero tiene la misma clasificación que el Colorado 14 (riesgo medio) con la diferencia de la cercanía a la escuela, las dimensiones de la piscina y la degradación del suelo por cantidades superiores como el cinc (57mg/kg) y el cromo (3,76 mg/kg), este último con la capacidad de perjudicar el organismo, contaminar el agua y el suelo.

El crecimiento de agentes infecciosos también es notorio en esta zona con un riesgo alto en cualquiera de los tres entornos, el riesgo desde el punto socioeconómico se eleva por el número de personas involucradas, alrededor de 25 personas entre estudiantes y habitantes de Campo Colorado.

7.6.6 Análisis de resultados, colorado 26. Las condiciones de la piscina permite que en épocas de lluvia el nivel de agua estancada crezca y existan derrames alrededor del lugar, los charcos formados generan un riesgo medio desde el punto de vista natural, humano y socioeconómico al ser utilizados como abrevadero; los animales que rodean el lugar pueden caer o sufrir algún tipo de lesión, así lo determinan quejas o reclamos de habitantes cuyos animales han sufrido accidentes a causa del nivel que alcanza la piscina en invierno y el mal estado de cercas alrededor de la piscina (fotografía 6). Las multas que puede llegar a pagar el Campo reflejan el alto riesgo socioeconómico involucrado en la situación, la muerte del ganado por el consumo de agua contaminada con los metales constituyentes de lodo impregnados en el suelo o la presencia de enfermedades en personas a causa del consumo de carne roja dejarían de ser un riesgo puntual.

La degradación del suelo sigue siendo un riesgo medio por la ausencia de selenio, plata y antimonio afectando en su mayor parte al entorno natural que contrario al entorno humano se ve impactado por la alta cantidad de bario y mercurio 475 mg/kg y 494 µg/kg respectivamente.

7.6.7 Análisis de resultados, colorado 28. Además de los riesgos presentes en la piscina del pozo 28 es evidente la degradación paisajística por la presencia de vertidos y acumulación de residuos en el lugar que generan una pérdida de calidad en el paisaje, a los que se añaden el deterioro de la vegetación o degradación del suelo con un riesgo medio para el entorno natural y bajo para el entorno humano. Los efectos de riesgo humano se restringen a la ingestión y contacto dérmico que puede terminar en intoxicaciones por metales pesados o concentración de metaloides como el arsénico (0,20 mg As/Kg) que produce enfermedades a nivel de la piel, pulmones, corazón y sistema nervioso. Aunque el lugar es poco transitado, existe un camino que conduce fácilmente a él en donde pueden ocurrir accidentes o sufrir graves lesiones quienes se expongan; las características de la piscina de Colorado 28 son similares a las de Colorado 26 con la diferencia de que el porcentaje de hidrocarburos es mucho mayor en la primera, lo que la hace más peligrosa o necesita un rápido proceso de remediación.

7.6.8 Análisis de resultados, colorado 63. Dentro de las propiedades de la piscina de colorado 63 se tiene un pH básico con un valor de 7,23 con condiciones muy similares a colorado 66 solo con una pequeña diferencia en el porcentaje de hidrocarburos totales con un valor de 18, 85%. Los elementos que exceden los límites permisibles son el arsénico 37.1 mg/kg y el antimonio (36.6 mg / kg).

Teniendo en cuenta las condiciones de almacenamiento de residuos de actividades petroleras este lugar es bastante propenso a situaciones que

implican costos de remediación por parte de la empresa como respuesta a lesiones o accidentes que pueden ocurrir con los transeúntes, la clasificación de este riesgo es medio con suficientes opciones de pasar de un nivel a otro; en lo referente al entorno natural la degradación del suelo sigue siendo un factor común en todas las piscinas de lodo con diferentes grados de consecuencia siendo el colorado 63 uno de estos lugares con el valor más alto. El entorno humano se ve gobernado por el estado que presenta la zona (líquido) y las molestias que se dan en épocas de invierno, incluso la gravedad del asunto radica en el número de personas involucradas en este riesgo que pueden traspasar los límites predecibles y convertirse en un problema legal bastante complejo para el campo. El entorno socioeconómico es guiado según las condiciones que presentan los anteriores entornos, es decir, entre mayor sea el riesgo al que se ve sometida la población mayor serán los daños que tiene que reparar la empresa.

7.6.9 Análisis de resultados, colorado 50. La piscina de lodo con riesgo medio presenta la misma característica de Colorado 18 en cuanto a ubicación, la cercanía del pozo con la carretera clasifica el riesgo dentro de ese grupo; el estado de la piscina es bastante incierto, aparentemente la piscina está en estado sólido, pero las condiciones permiten hundir cualquier cuerpo con un peso mínimo, tal y como puede suceder con un animal o persona que camine por el lugar. Según las investigaciones el costo que debe afrontar el campo con cualquier accidente que ocurra allí es bastante elevado no solo por la gravedad del accidente, el contacto o impregnación de residuos contaminados con metales pesados puede ser perjudicial para cualquier ser vivo. Otro de los factores preocupantes en el sector es el olor a hidrocarburo que refleja la contaminación de la zona por residuos petroleros y hacen parte del riesgo humano por inhalación de vapores que provocan envenenamiento por presencia de antimonio 29, 5 mg/ kg.

7.6.10 Análisis de resultados, colorado 66. Un análisis detallado de los resultados de Colorado 66 muestran que al hablar de situaciones tan complejas como el uso de piscinas de lodo como abrevadero por algunos animales del sector, puede parecer algo drástico o bastante extremo; los resultados de la investigación (primera fase: observación) permiten reconocer estos sitios como zonas propensas a cualquier tipo de accidente de diferente magnitud. Las condiciones de la piscina dejan visualizar la profundidad de estos lugares y la carencia de algunos proyectos de investigación por parte de la empresa a cargo con la finalidad de reducir los impactos ambientales productos de sus operaciones.

En cuanto a los riesgo humanos relacionados con esta piscina, la degradación del suelo sigue siendo evidente acompañada de la pérdida del paisaje y el almacenamiento de residuos producto de actividades petroleras, las anteriores son enmarcadas como pasivos ambientales de riesgo bajo muy próximo a alcanzar el nivel medio; las lesiones en personas también son consideradas un riesgo bajo en el entorno humano, natural y ratificando este nivel de clasificación en el entorno socioeconómico.

Dentro de las propiedades analizadas en la piscina de colorado 66 se encuentra el pH básico con una valor de 7.43 (se tiene en cuenta para la propuesta de remediación planteada y descrita por los autores en el siguiente capítulo), un porcentaje de hidrocarburos bastante bajo y un porcentaje de grasas y aceites de 1,49 % bajo en comparación con los resultados de las demás piscinas, además, la presencia de algunos elementos que exceden los límites permisible expuestos en la tabla 87 como el sodio (2122,6 mg/kg) y antimonio (28,9 mg/kg).

7.6.11 Análisis de resultados, colorado 72. El análisis de la piscina de lodo de Colorado 72, se hace teniendo en cuenta la concentración de hidrocarburos, la segunda más alta de todos los lugares en estudio. El escenario de riesgo, utilizado como abrevadero para animales como vacas y caballos, presenta un

riesgo medio en los tres entornos (natural, humano y socioeconómico) que indirectamente, a través de la cadena trófica pueden ser absorbidos y acumulados por la vegetación y pasar a la fauna en dosis muy pequeñas. La posibilidad de que ocurran accidentes en este lugar lleva el riesgo natural a su nivel más alto (medio), y no solo por la presencia de mercurio o cinc, la piscina sin remediación puede tener efectos negativos en el hombre, la vegetación y la fauna en general que se refleja, por ejemplo, en la acumulación de contaminantes en las plantas que aún no han generado daños notables. La degradación del suelo por contaminantes clasifica en un riesgo moderado para los entornos humano y socioeconómico por la pérdida del valor del suelo, es decir, la desvalorización de un área por presencia de contaminantes.

7.6.12 Análisis de resultados, colorado 71. Al igual que colorado 43 la piscina de este pozo está cerca de una vivienda con muy pocos metros de distancia, la piscina llena de agua es el caso más particular dentro del estudio de sumideros no remediados en Campo Colorado, los “dueños” del lugar como se hace llamar la familia Gómez hacen uso del pasivo ambiental como criadero de peces que sirven de sustento para la familia, un ejemplo claro de desinformación sobre las consecuencias de no realizar una pronta remediación. El lugar que en algún momento fue basurero de la misma familia presenta un riesgo medio teniendo en cuenta la peligrosidad de la mezcla de residuos domésticos con los de perforación. La piscina de Colorado 71 no es el lugar con el riesgo más alto debido a las concentraciones casi nulas de plomo, arsénico, selenio, cadmio, cromo, plata, cobre y antimonio que no fueron detectados según los resultados de pruebas de laboratorio mencionadas en el capítulo 7 y registradas en el anexo H. La degradación del suelo representa un peligro muy bajo en los tres entornos; el crecimiento de agentes infecciosos eleva el riesgo humano en comparación con los anteriores resultados por la cercanía de la vivienda al sumidero, el lugar no es utilizado como abrevadero por el ganado pues la lejanía del pozo no lo permite.

7.6.13 Análisis de resultados, colorado 65. La piscina del pozo Colorado 65 es sin duda el lugar que posee el menor riesgo en cualquiera de los tres escenarios identificados debido a la filtración del agua que evita el estancamiento y a la ubicación del lugar que resulta bastante compleja, el pozo fue cerrado hace varios años, la maleza tiene una altura aproximada de 1,50 metros lo suficiente para desaparecer el camino y evitar el fácil acceso. La degradación del suelo es el riesgo más representativo en Colorado 65, se clasifica como moderado para el entorno natural y socioeconómico con valores entre 6 y 10. La remediación de la piscina se hace obligatoria al analizar el informe de resultados y encontrar que la mezcla de lodo y suelo contiene 1,48% de hidrocarburos clasificado como peligroso según la normatividad ambiental colombiana. En cuanto al entorno humano la presencia de mercurio es de 238,7 µg / kg pero en comparación con resultados anteriores se considera relativamente baja.

7.6.14 Análisis de resultados, colorado 43. La piscina del pozo colorado 43 con riesgos moderados, medios y altos es el objeto de estudio que tiene mayor representación, no solo por la concentración de hidrocarburos (44,18 %) o por su alto contenido de mercurio (475,4 µg/kg), la zona utilizada por la familia que se encuentra a pocos metros del sitio como criadero de gallinas y el profundo charco que logra formarse en épocas de invierno así lo clasifican. El análisis detallado de cada piscina teniendo en cuenta la concentración de algunos elementos seleccionados y los resultados en el anexo H, demuestran que el lugar posee la mayor concentración no solo de un elemento específico, la presencia de casi todos los elementos en estudio, permiten llevar a cabo un análisis TCLP (toxicidad por lixiviación) en la muestra de suelo de Colorado 43 en representación de todas las muestras obtenidas.

El análisis TCLP es un procedimiento diseñado para determinar la característica de toxicidad por lixiviación de un residuo, sea este líquido, sólido o una mezcla de estas fases, a partir de un análisis practicado a una muestra de lixiviado o extracto

del mismo obtenido bajo ciertas condiciones estándar. En definitiva, el procedimiento consiste en determinar la movilidad en el residuo de determinados constituyentes, sean estos elementos o compuestos químicos, tanto de origen orgánico como inorgánico.¹⁰

El procedimiento es conocido por la literatura especializada en la identificación y caracterización de residuos, con el nombre de “test TCLP” por su nombre en inglés Toxicity Characteristics Leaching Procedure, y tiene como objetivo proporcionar una idea de la movilidad de los contaminantes específicos para la lixiviación, en este caso de aguas subterráneas.

La siguiente tabla representa los niveles reglamentarios establecidos por la EPA de los EE.UU para los compuestos: Plomo, Plata, Bario, Cadmio, Cromo, Arsénico, Mercurio y Selenio.

Tabla 86. Elementos característicos TCLP y niveles de regulación.

CONTAMINANTE	NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE EN EL LIXIVIADO (mg/L)
Arsénico	5.0
Bario	100.0
Cadmio	1.0
Cromo	5.0
Plomo	5.0
Mercurio	0.2
Selenio	1.0
Plata	5.0

¹⁰ Blackburn, W.B. and Show, I. “Collaborative Study of the Toxicity Characteristics Leaching Procedure (TCLP). “Draft Final Report”, Contract No. 68-03-1958, S-Cubed, November 1986.

En el anexo H después del análisis fisicoquímico de la piscina de lodo de Colorado 43 se encuentra toda la información pertinente de cada compuesto como resultado de un análisis TCLP hecho a la muestra. Normalmente, el análisis se desarrolla teniendo en cuenta la máxima desviación estándar, la mediana y la media aritmética de una serie de resultados, en este caso de todas las piscinas no remediadas de Campo Colorado, pero el alto costo que el análisis TCLP presenta no permite realizar 15 pruebas al mismo tiempo y para un mismo fin, por esta razón y la mencionada anteriormente la piscina de lodo de Colorado 43 será la referencia para comparar los niveles reglamentarios cuyo exceso o déficit no indican directamente niveles importantes de riesgos humanos y ecológicos, pero permiten concluir la evaluación del riesgo ambiental en relación a este tema.

En base a la tabla anterior se hace un análisis de los niveles máximos permisibles de cada compuesto para catalogar como peligroso o no el lugar según el grado de lixiviación y los resultados obtenidos por el laboratorio químico de consultas industriales; el método de absorción atómica y generación de hidrocarburos también están presentes en el test TCLP como se muestra a continuación:

LABORATORIO DE CONSULTAS INDUSTRIALES		
Análisis	Método	Cantidad de muestras analizadas
Bario	Absorción Atómica	1
Plata		
Cinc		
Cadmio		
Cromo		
Plomo		
Calcio		

LABORATORIO DE CONSULTAS INDUSTRIALES		
Análisis	Método	Cantidad de muestras analizadas
Arsénico	Absorción Atómica /Generacion de hidrocarburos	1
Selenio		
Mercurio		

El resultado evidencia la mínima presencia de plomo que no permite ser detectado en el lixiviado, algunos elementos poseen límites de detección establecidos como el plomo (0,26 mg Pb / L), selenio (0,19 µg Se/L), mercurio (0,3 µg Hg/L), arsénico (0,18 µg As/L) estos tres últimos en microgramos y cromo (0,076 mg Cr/L), cadmio (0,014 mg Cd/L), plata (0,07 mg Ag/L) en miligramos; además del plomo, plata, cadmio, cromo, arsénico y selenio son indetectables o se encuentran por debajo de los limite establecidos. La concentración de bario en el lixiviado es de 1,88 mg Ba/L, bastante relevante para un nivel máximo de 100 mg/L que no sugiere preocupaciones ambientales. El mercurio, uno de los elementos con mayor concentración en algunas de las piscinas de lodo no remediadas de Campo Colorado, es mínimo en el lixiviado de la piscina de Colorado 43, 22,2 µg Hg/ L que corresponden a 0,0222 mg Hg/L algo insuficiente para considerar peligros en cuanto a lixiviación de los componentes presentes en el suelo a causa de disposición de residuos como lodos de perforación, que aunque representan solo una pequeña proporción del total de exploración y producción de residuos generados, los riesgos humanos, económicos y naturales son elevados si se tienen en cuenta otras características.

8. PROPUESTA DE REMEDIACIÓN DE PISCINAS DE LODO DE CAMPO COLORADO

Para la selección de la metodología de remediación de las piscinas de Campo Colorado se usa como guía las consideraciones establecidas por el programa *Superfund* creado por el congreso de los Estados Unidos en 1980 para la limpieza de sitios impactados por la industria en general. Este programa está administrado por la Agencia de Protección al Ambiente (EPA) de los Estados Unidos, en cooperación con los estados y localidades municipales.

A partir de estudios de riesgo a la salud humana y el medio, el programa Superfund establece una priorización de sitios contaminados, que se conoce como estudio de investigación/viabilidad (RI/FS) basados en archivos o documentos existentes (ROD) de sitios similares.

Dentro del marco regulatorio del Programa Superfund (Plan Nacional de Contingencias en Derrames de Petróleo y Sustancias Peligrosas (NCP)), la EPA establece una meta nacional y una serie de expectativas que reflejan los principales requerimientos de la sección 121 del CERCLA (Estatuto del Programa Superfund o Acta de Respuesta Ambiental, Responsabilidad y Compensación) apoyados desde el punto de vista RI/FS y en las opciones apropiadas para el manejo de residuos.

El objetivo de una Investigación de Remediación / estudios de viabilidad (RI / FS) en proyectos de limpieza de residuos peligrosos es obtener suficiente información para examinar y seleccionar posibles alternativas de remediación. La recopilación de la información requiere de un tiempo considerable, esfuerzo y finanzas¹¹. En algunos casos, es posible enfocarse sobre los recursos específicos que han sido

¹¹ Rules of Thumb for Superfund Remedy Selection, Superfund. Documento EPA-540-R-97-013. 1997.

probados en condiciones similares utilizando la guía de referencia de matrices de selección de una tecnología de remediación; la guía está destinada a detectar y evaluar la limpieza de tecnologías para instalaciones contaminadas y sitios de desechos con el fin de ayudar a la dirección de proyectos de recuperación (RPM) en la rápida selección de una alternativa remedial. Para minimizar el esfuerzo de focalización en la evaluación de recuperación se hace necesaria la información suministrada en capítulos anteriores en relación a piscinas de lodo no remediadas de Campo Colorado.

Los remedios presuntivos, según lo establecido por los EE.UU. Agencia de Protección Ambiental (EPA), son las tecnologías preferidas para las categorías comunes de sitios, basados en patrones históricos de la selección de remediaciones y la evaluación científica y de ingeniería de la EPA de los datos incluidos en la implementación de tecnología. El uso de remedios presuntos permite un RPM centrado en una o dos alternativas: la disminución de las necesidades de datos de caracterización del sitio y el enfoque de los pasos para la evaluación de recuperación, lo que resulta en menos tiempo y menos esfuerzo.

8.1 PERSPECTIVA DE CONTAMINANTES

La información de la clase y la concentración de los contaminantes químicos como están distribuidos en el sitio afectado y el medio en que se presentan es esencial para iniciar la preselección de una metodología de remediación a los pasivos ambientales presentes en Campo Colorado, según el rango permitido de cada contaminante en tierra agrícola como lo establece la tabla 87 de rango de contaminantes y la posterior comparación con los datos obtenidos en los análisis físico químicos expuestos en la tabla 88 sobre los contaminantes que sobrepasan el nivel permitido.

Tabla 87. Rango permitido de cada contaminante en tierra agrícola.

PARÁMETROS GENERALES			
Conductividad		2	
pH		6 a 8	
Sodio (mg/kg)		5	
PARÁMETROS INORGÁNICOS (mg/kg)			
Antimonio	20	Plomo	70
Arsénico	12	Mercurio	6.6
Bario	750	Níquel	50
Berilio	4	Selenio	1
Cadmio	1.4	Plata	20
Cromo	64	Azufre	500
Cobalto	40	Talio	1
Cobre	63	Vanadio	130
Zinc	200		

Fuente: Environmental Guideline For Contaminated Site Remediation, Noviembre 2003.

Cada grupo se discute en cuanto a propiedades y comportamientos, seguido del análisis donde es nombrado el tratamiento disponible y más comúnmente usado; las tecnologías son mostradas y evaluadas en una matriz para cada grupo de contaminantes en la que el medio afectado en este caso es el suelo, la información suministrada incluye el estado de desarrollo (Escala completa o Piloto), la clasificación en uso (Amplia, comúnmente usada o de uso limitado), la clasificación de aplicabilidad (Buena, promedio o por debajo del promedio) y la función del tratamiento (Destrucción, extracción o inmovilización), adicionalmente se agrega una breve descripción de todas las tecnologías de remediación implicadas en este proceso.

Tabla 88. Esquema de contaminantes que exceden los niveles máximos permisibles.

Contaminante	PISCINAS DE LODO															
	C71	C65	C18	C50	C14	C29	C28	C66	C43	C26	C63	C13	C22	CM	C72	TCLP
pH										X		X	X			
HC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Mg	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cr		X														
Na		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Sb			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		
Pb							X									
Cu							X									
Ba							X						X	X		
As									X		X					
Zn									X							

A menudo, pueden ser destacadas tecnologías específicas, o la lista de posibles tecnologías puede ser reducida en base a la presencia o ausencia de uno o más de los grupos químicos. Las cantidades relativas de cada uno pueden favorecer ciertas tecnologías y desfavorecer a otras. Los metales pueden ser encontrados a veces en la forma elemental, pero más a menudo se encuentran como sales mezcladas en el suelo. La presencia de metales entre los residuos puede suponer un riesgo para el medio ambiente a largo plazo según la evaluación de riesgos del capítulo 8. El destino del metal depende de sus propiedades físicas y químicas, la matriz de residuos asociados, y el suelo. El transporte descendente significativo de metales se da a partir de la superficie del suelo cuando se produce la retención de metales y la capacidad del suelo se sobrecarga o cuando se solubilizan metales (por ejemplo, por un pH bajo). Como la concentración de metales excede la capacidad del suelo para retenerlos, los metales se desplazan hacia abajo con las aguas de lixiviación.

La tabla 89 presenta la matriz de tecnologías para remediación de inorgánicos especificando la escala de desarrollo, calificación, aplicabilidad y función de acuerdo al manejo que debe tener el contaminante:

Tabla 89. Matriz de tecnologías de tratamiento para combustibles.

MATRIZ DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO					
TRATAMIENTO DE COMBUSTIBLES					
<p>NOTA: Las características específicas del sitio y contaminante puede limitar la aplicabilidad y la efectividad de cualquiera de los tecnologías y tratamientos que figuran a continuación. Esta matriz es optimista y siempre debe ser usado en conjunción con las secciones de texto de referencia que contienen información adicional que puede ser útil para identificar potencialmente las tecnologías aplicables.</p>					
Tecnología		Escala de desarrollo	Clasificación	Aplicabilidad	función
SUELO SEDIMENTOS Y LODOS					
TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS IN SITU					
	Biodegradación	Completo	Amplio	Buena	Destrucción
	Bioventeo	Completo	Amplio	Buena	Destrucción
TRATAMIENTOS FÍSICO/QUÍMICOS IN SITU					
	Enjuague de suelos	Piloto	Limitado	Promedio	Extracción
	Extracción de vapores del suelo	Completo	Amplio	Buena	Extracción
TRATAMIENTOS TÉRMICOS IN SITU					
	mejoramiento térmico	Completo	Limitado	Buena	Extracción
	Vitrificación In situ	Piloto	Limitado	Debajo del Pro	Inmob/Destru

Tabla 89. Matriz de tecnologías de tratamiento para combustibles. (Continuación)

MATRIZ DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO					
TRATAMIENTO DE COMBUSTIBLES					
<p>NOTA: Las características específicas del sitio y contaminante puede limitar la aplicabilidad y la efectividad de cualquiera de los tecnologías y tratamientos que figuran a continuación. Esta matriz es optimista y siempre debe ser usado en conjunción con las secciones de texto de referencia que contienen información adicional que puede ser útil para identificar potencialmente las tecnologías aplicables.</p>					
Tecnología	Escala de desarrollo	Clasificación	Aplicabilidad	función	
SUELO SEDIMENTOS Y LODOS					
TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS EX SITU (ASUMIENDO EXCAVACIÓN)					
Compostaje	Completo	Amplio	Buena	Destrucción	
Trat. biológico de fase solida controlada	Completo	Amplio	Buena	Destrucción	
Landfarming	Completo	Amplio	Buena	Destrucción	
Trat. biológico de fases lodosas	Completo	Limitado	Buena	Destrucción	
TRATAMIENTOS FÍSICO/QUÍMICOS EX SITU (ASUMIENDO EXCAVACIÓN)					
Químico	Completo	Limitado	Debajo del Pro	Destrucción	
Lavado de suelo	Completo	Limitado	Buena	Extracción	
Extracción de vapores del suelo	Completo	Limitado	Promedio	Extracción	
Extracción de solventes	Completo	Limitado	Promedio	Extracción	
TRATAMIENTOS TÉRMICOS EX SITU (ASUMIENDO EXCAVACIÓN)					
Alta temperatura. Térmico	Completo	Limitado	Promedio	Extracción	
Incineración	Completo	Limitado	Buena	Destrucción	
Baja temperatura. Térmico	Completo	Amplio	Buena	Extracción	
Pirolisis	Piloto	Limitado	Promedio	Destrucción	
Vitrificación	Completo	Limitado	Promedio	Ext./Inmob.	
OTROS TRATAMIENTOS					
Excavación/Disposición fuera de inst.	NE	Amplio	Promedio	Ext./Inmob.	
Atenuación natural	NE	Limitado	Buena	Destrucción	

Fuente: DOD Environmental Technology Transfer Committee, REMEDIATION TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX AND REFERENCE GUIDE SECOND EDITION, October 1994.

Tabla 90. Matriz de tecnologías de tratamiento para inorgánicos.

MATRIZ DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO					
TRATAMIENTO DE INORGÁNICOS					
<p>NOTA: Las características específicas del sitio y contaminante puede limitar la aplicabilidad y la efectividad de cualquiera de los tecnologías y tratamientos que figuran a continuación. Esta matriz es optimista y siempre debe ser usado en conjunción con las secciones de texto de referencia que contienen información adicional que puede ser útil para identificar potencialmente las tecnologías aplicables.</p>					
Tecnología	Escala de desarrollo	Clasificación	Aplicabilidad	función	
SUELO SEDIMENTOS Y LODOS					
TRATAMIENTOS FÍSICO/QUÍMICO IN SITU					
Solidificación/Estabilización	Completo	Limitado	Buena	Inmovilización	
Enjuague de suelos	Piloto	Limitado	Buena	Inmovilización	
TRATAMIENTOS TERMICOS IN SITU					
Vitrificación	Piloto	Limitado	Buena	Inmovilizar	
TRATAMIENTOS FÍSICO/QUÍMICOS EX SITU (ASUMIENDO EXCAVACIÓN)					
Reducción química/Oxidación	Completo	Limitado	Buena	Extracción	
Lavado de suelos	Completo	Limitado	Buena	Extracción	
Solidificación/Estabilización	Completo	Amplio	Buena	Inmovilización	
TRATAMIENTOS TÉRMICOS EX SITU (ASUMIENDO EXCAVACIÓN)					
Vitrificación	Completo	Limitado	Buena	Inmovilización	
OTROS TRATAMIENTOS					
Excavación/Disposición fuera de las inst.	NE	Amplio	Promedio	Extrac/Inmob.	

Fuente: DOD Environmental Technology Transfer Committee, REMEDIATION TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX AND REFERENCE GUIDE SECOND EDITION, October 1994.

Para la clasificación de las tecnologías de tratamiento se debe involucrar factores como: disponibilidad, contaminantes tratados, sistema de fiabilidad/mantenimiento, tiempo de limpieza y costo global, descritos con detalle en la tabla 91 con un rango de clasificación entre buena y mala.

Tabla 91. Definición de símbolos usados en la matriz de tecnologías de tratamientos.

DEFINICIÓN DE SÍMBOLOS USADOS EN LA MATRIZ DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTOS			
Factores y definición	Mala	Promedio	Buena
Disponibilidad	menos de 2 vendedores	2 - 4 vendedores	Más de 4 vendedores
Numero de vendedores que pueden diseñar, construir y mantener la tecnología			
Contaminantes tratados	sin efectividad probada	cualquier limitación de efectividad o sin objetivo	Este contaminante es el objetivo de esta tecnología
fiabilidad/mantenimiento	Baja fiabilidad y alto mantenimiento	Fiabilidad promedio y mantenimiento promedio	Alta fiabilidad y bajo mantenimiento
el grado de fiabilidad y el nivel de mantenimiento requerido al usar la tecnología			
Tiempo de limpieza	Más de 3 años para in situ	1-3 años	Menos de 1 año
Tiempo requerido para limpiar una zona estándar usando la tecnología.	Más de 1 año para ex situ	0.5-1 año	Menos de 0.5 años
Costo global	Más de \$300/ton	\$100-\$300/ton	Menos de \$100/ton
Costos de diseño, construcción, operaciones y mantenimiento del proceso de cada tecnología. Para tecnologías ex situ incluye movilización, pre y post tratamientos. La excavación para suelos sedimentos y lodos promedio se asume en (\$50/ton)			

Fuente: DOD Environmental Technology Transfer Committee, REMEDIATION TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX AND REFERENCE GUIDE SECOND EDITION, October 1994.

Adicionalmente es importante hacer una breve descripción de todas las metodologías nombradas (incluyendo el costo) en cada matriz para una mejor comprensión.

Biodegradación: sin parar la actividad de los microbios presentes en la naturaleza se estimula mediante la circulación de soluciones a base de agua a través de suelos contaminados mejorando la degradación in situ biológica de los contaminantes orgánicos. Los nutrientes, oxígeno, u otras modificaciones se

pueden utilizar para mejorar la biodegradación y desorción de contaminantes a partir de materiales bajo la superficie.

- **Costos:** Los costos típicos para la biorremediación in situ están en el rango de \$ 30 a \$ 100 dólares por metro cúbico.

Bioventeo: Se suministra oxígeno a los suelos contaminados insaturados por movimiento de aire forzado (ya sea extracción o inyección de aire) para aumentar las concentraciones de oxígeno y estimular la biodegradación.

- **Costos:** Los costos de operación de un bioventilación \$ 10 a \$ 70 dólares por metro cúbico.

Enjuague de suelos: Lavado con agua, o agua con un aditivo es utilizada para mejorar la solubilidad contaminante, se aplica al suelo o se inyecta en el agua subterránea para elevar la masa de agua en la zona de suelo contaminado. Los contaminantes se lixivian en el agua subterránea, que se extrae y por último se trata.

- **Costos:** No disponible.

Extracción de vapores del suelo: Se aplica vacío a través de los pozos de extracción para crear gradiente de presión que induce a la fase gaseosa o volátil a que se difunda a través del suelo hasta los pozos. El proceso incluye un sistema para el manejo de los gases de salida. Esta tecnología también se conoce como ventilación del suelo in situ, volatilización situ, volatilización mejorada, o extracción al vacío del suelo.

- **Costos (in situ):** Las estimaciones de costos está entre \$ 10 y \$ 50 dólares por metro cúbico de tierra. Las pruebas piloto normalmente cuestan \$ 10.000 a \$ 100.000 dólares.

Solidificación/estabilización: Los contaminantes son físicamente unidos o encerrados dentro de una masa estabilizada (solidificación) o de reacciones químicas y son inducidos con el agente estabilizante para reducir su movilidad (estabilización).

- **Costos (in situ):** Los costos de las técnicas de estabilización a base de cemento varían ampliamente según los materiales o reactivos utilizados, el tamaño del proyecto y la naturaleza química de los contaminantes, los tipos y niveles de concentración de poca profundidad en el suelo in situ cuestan un promedio de \$ 50 a \$ 80 dólares por metro cúbico y \$ 190 a \$ 330 dólares por metro cúbico para el más profundo.
- **Costos: (ex situ):** Según costos generales de más de una docena de proveedores indican un costo aproximado de menos de \$ 110 dólares por tonelada métrica, incluyendo excavación.

Extracción de solventes: Los residuos y el disolvente se mezclan en un extractor disolviendo el contaminante orgánico en él. Los orgánicos extraídos y el disolvente se colocan en un separador, donde los contaminantes y el disolvente se separaran para el tratamiento y la utilización posterior.

- **Costos:** Las estimaciones de gastos para esta gama de tecnología es de \$ 110 a \$ 440 dólares por tonelada métrica.

Alta temperatura, método térmico: Los desechos se calientan a 600-1000 °F para volatilizar el agua y los contaminantes orgánicos. Un gas portador o sistema de vacío transporta el agua y los compuestos orgánicos se volatilizan en un sistema de tratamiento de gases.

- **Costos:** Costo total aproximado oscila entre \$ 110 y \$ 330 dólares por tonelada métrica.

Incineración: Se utilizan altas temperaturas (1.600 - 2.200 °F) para la combustión (en presencia de oxígeno) de los constituyentes orgánicos de desechos peligrosos.

- **Costos:** Los costos de tratamiento del suelo por fuera de las instalaciones van desde \$ 220 a \$ 1.100 dólares por tonelada métrica de suelo, incluyendo todos los costos del proyecto.

Baja temperatura, método térmico: Los desechos se calientan a 200-600 °F para volatilizar el agua y contaminantes orgánicos. Un gas portador o sistema de vacío transporta el agua volatilizada y los compuestos orgánicos a un sistema de tratamiento de gases.

- **Costos:** Las tarifas cobradas para remediar los suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo varían de \$ 45 a \$ 110 dólares por tonelada de tierra. Los costos de remediación de suelos arcillosos pueden acercarse a 220 dólares por tonelada métrica a causa del tamaño de las partículas. La excavación del suelo contaminado y el reemplazo de la tierra tratada cuestan aproximadamente \$ 6 a \$ 11 dólares por tonelada métrica.

Pirólisis: La descomposición química es inducida en los materiales orgánicos por calor en ausencia de oxígeno. Los materiales orgánicos se transforman en componentes gaseosos y un residuo sólido (coque) que contiene carbono fijo y cenizas.

- **Costos:** El costo global para rehabilitar aproximadamente 20.000 toneladas de los medios contaminados está alrededor de \$ 330 dólares por tonelada.

Vitrificación: Los suelos y los lodos se funden a alta temperatura para formar un vidrio o una estructura cristalina con características de lixiviación muy bajas.

- **Costos (ex situ):** El costo total aproximado es de \$ 770 dólares por tonelada métrica. La vitrificación ex situ es un proceso relativamente complejo y de alta tecnología, requiere un alto grado de habilidad profesional y de formación.
- **Costos: (in situ):** Los costos promedio de las pruebas son de \$ 25 mil dólares más gastos de análisis. El equipo de movilización y desmovilización tiene un costo de \$ 200.000 a \$ 300.000 dólares. El costo de vitrificación varía con los costos de electricidad y cantidad de suelo a procesar

Excavación y disposición fuera de las instalaciones: El material contaminado se extrae y se transporta fuera de las instalaciones para su respectivo tratamiento y eliminación.

- **Costos:** Las estimaciones de costos para el rango de excavación y disposición es de \$ 300 a \$ 510 dólares por tonelada métrica en función de la naturaleza de los materiales peligrosos y los métodos de excavación. Estas estimaciones incluyen excavación / extracción, transporte y disposición en una instalación permitida. La excavación y eliminación fuera del sitio es un proceso relativamente simple con procedimientos probados, los costos adicionales

pueden incluir la caracterización del suelo y tratamiento para satisfacer las necesidades de prohibición de tierras.

Atenuación natural: Son procesos naturales tales como dilución, volatilización, biodegradación, adsorción y reacciones químicas con materiales del subsuelo que por medio de estudios previos y autorización pueden llegar a reducir las concentraciones de contaminantes a niveles aceptables.

- **Costos:** Hay costos para determinar las tasas de degradación de la contaminación y considerar si una alternativa de recuperación es viable. Los costos adicionales son para el muestreo y análisis de muestras del subsuelo (potencialmente extensos) para determinar el grado de contaminación y confirmar las tasas de degradación de contaminantes y el estado de limpieza.

Mejoramiento térmico de la extracción de vapores del suelo: Consiste en la inyección de vapor/aire caliente o calentamiento eléctrico/radio frecuencia para aumentar la movilidad de compuestos volátiles y facilitar la extracción. El proceso incluye un sistema para el manejo de los gases de salida.

- **Costos:** Los datos disponibles indican que el costo total de los sistemas térmicamente mejorados es de aproximadamente \$ 25 a \$ 100 dólares por metro cúbico.

Tratamiento biológico de fase sólida controlado: Los suelos excavados se mezclan con suelo y se colocan en recintos superficiales. Los procesos incluyen preparación de camas de tratamiento, las celdas de tratamiento biológico, pilas de tierra y abono.

Una suspensión acuosa se crea mediante la combinación de suelo o lodos con agua y otros aditivos. La suspensión se mezcla para mantener los sólidos en suspensión y microorganismos en contacto con los contaminantes del suelo. Al finalizar el proceso, la suspensión se deshidrata y el suelo tratado se desecha.

- **Costos:** Los costos típicos con una cama preparada y el revestimiento son de \$200 dólares por metro cúbico.

Reducción química y oxidación: Consiste en convertir químicamente contaminantes peligrosos a compuestos no peligrosos o menos tóxicos por medio de una reducción química y una oxidación ya que estos últimos son más estables, menos móviles y / o inertes. Los agentes oxidantes más comúnmente usados son el ozono, peróxido de hidrógeno, hipoclorito, cloro y dióxido de cloro.

- **Costos:** Los costos estimados oscilan entre \$ 190 a \$ 660 dólares por metro cúbico.

Landfarming: es una tecnología a gran escala de biorremediación en la cual el suelo, sedimentos o lodo contaminado es dispuesto en la superficie y periódicamente labrado para airear los residuos. Aunque landfarming generalmente se realiza en el lugar, los sistemas cada vez más incorporan revestimientos y otros métodos para controlar la lixiviación de los contaminantes, que requiere excavación y la depositación de suelos contaminados en otros lugares.

- **Costos:** Costos antes del tratamiento (que se supone independiente del volumen a tratar): \$ 25.000 a \$ 50.000 dólares para los estudios de laboratorio, \$ 100.000 y \$ 500.000 dólares para las pruebas piloto o demostraciones de campo.

Costo de landfarming (tratamiento in situ que no requiere excavación del suelo): \$ 30 a \$ 70 dólares por metro cúbico.

Costo de la cama preparada (ex tratamiento in situ y colocación de suelo sobre un forro preparado): \$ 135 hasta \$ 270 dólares por metro cúbico.

Compostaje: La tierra contaminada se excava y se mezcla con agentes de carga y residuos orgánicos tales como virutas de madera, desechos animales y vegetales, que mejoran la muestra a una descomposición.

- **Costos:** La estimación de los gastos a gran escala es de aproximadamente \$ 190 dólares por metro cúbico de volumen de suelo.

Se debe recomendar una metodología que se adapte perfectamente a las condiciones de Campo Colorado y facilite el desarrollo de un tratamiento que pueda llegar a cumplir con la remediación completa; para cumplir el objetivo se plantean las siguientes consideraciones:

1. Operar una metodología efectiva según las vías de acceso a la piscina de cada campo, es decir, evitar seleccionar tratamientos que impliquen carga pesada y limiten o entorpezcan el progreso del proyecto, manteniendo un alto rendimiento, un efecto positivo y un proyecto a corto plazo.
2. La efectividad de la remediación y costos también debe tenerse en cuenta al momento de la selección del tratamiento de remediación, se puede decir que esta consideración marca una pauta entre la viabilidad de un proyecto o el fracaso del mismo. Para dar solución a este proceso se hace uso la guía de referencia de matrices para selección de tecnología de remediación como se mencionó anteriormente y según los datos de aplicabilidad, limitaciones y costos aceptables.

Considerando las pautas anteriores y los resultados fisicoquímicos de los análisis realizados en laboratorio, la metodología con la capacidad de remediar zonas contaminadas por hidrocarburos, inorgánicos y metales ideal para estas zonas ubicadas en Campo Colorado es el *lavado de suelos* (con excepción de Colorado 71 que posee características que difieren de las demás piscinas ubicadas en los distintos pozos), catalogado como un tratamiento físico/químico de aplicación ex situ en la remediación de suelos contaminados. Aunque dentro de las técnicas de solución a pasivos ambientales como el de las piscinas, existen algunas más económicas que otras, el descarte se hace teniendo en cuenta que los posibles tratamientos económicos o más prácticos simplemente no son eficientes para remediar residuos presentes en Campo Colorado o no son suficientes para lograr remediación conjunta de metales e hidrocarburos.

Fotografía 7. Lavado de suelos contaminados



Fuente: <http://www.gbu-mbh.de/>

8.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El lavado del suelo es una tecnología innovadora que utiliza procesos de separación física y / o química. Es una tecnología ex situ utilizada para procesar suelo excavado. Los contaminantes se eliminan mediante procesos químicos y / o mecánicos concentrándolos en un volumen menor.

Los compuestos peligrosos tienden a unirse, química o físicamente al limo o arcilla. El limo y arcilla se adjuntan a la arena o grava por un proceso físico, por ejemplo, la adhesión. El lavado del suelo separa fracturas finas y arcilla de la arena y la grava, y concentra los contaminantes en las fracturas finas. Mediante los métodos de tratamiento adicionales, las partículas de arcilla y limo son tratadas o eliminadas de acuerdo con la normativa aplicable.

El lavado del suelo generalmente se compone de varios procesos unitarios, los cuales separan los componentes del suelo de los contaminantes. El lavado del suelo es "unidad flexible", basada en los contaminantes y las concentraciones presentes. Existen sistemas de tratamiento adicionales que se pueden unir como (pre) o (post) tratamientos. Estos pueden que minimicen o eliminen los residuos secundarios, las unidades de lavado del suelo son modulares y móviles.

El desempeño de la tecnología de lavado de suelos depende de:

- Características físicas del suelo contaminado en este caso con lodo de perforación.
- Características químicas del suelo contaminado.
- Compuestos peligrosos físicos y / o químicos.

La técnica de remediación propuesta para Campo Colorado se compone de los siguientes procesos (figura 26):

- Cribado.

- Separación de partículas por tamaño.
- Tratamiento de fracción gruesa.
- Tratamiento de fracción fina.
- Tratamiento de lodos.
- Gestión de residuos Secundarios.

Cribado: El objetivo del proceso de selección consiste en separar fracciones de gran tamaño, escombros, metales y piedras. Estas fracciones grandes generalmente no poseen un alto grado de contaminantes, y por lo tanto se separan.

Separación de partículas por tamaño: Este es el corazón de la tecnología. Se utiliza para concentrar contaminantes en preparación para el tratamiento. Los Ciclones, que son aproximadamente 36 centímetros de alto y 16 pulgadas de diámetro, se utilizan comúnmente para la separación. El material de grano grueso se hace girar hacia fuera de la parte inferior, mientras que material de grano fino y el agua son expulsados de la parte superior. Dependiendo de la distribución del tamaño de cada suelo, el diseño del ciclón es una parte muy importante del proceso de lavado de suelos.

Otros procesos de separación de tamaño son: fracción de tamaño físico, la separación gravimétrica y separación química.

Tratamiento de la fracción gruesa: Los contaminantes tienden a unirse a las fracciones más finas del suelo, sin embargo, un pequeño porcentaje de los contaminantes se unen a las partículas gruesas. Métodos como lavado escombros, limpieza de desgaste, o de flotación pueden ser eficaces en la eliminación de los contaminantes.

Tratamiento de la fracción fina: fracciones menores a 63 micras. El proceso de separación será muy diluido, y debe establecerse muy lentamente. Sin embargo, las fracciones de arcilla y las partículas de menor tamaño pueden ser removidas por floculación, con la ayuda de algún floculante u otros agentes químicos.

Proceso de tratamiento de aguas: El agua utilizada a alta presión y / o altas temperaturas debe ser tratada con las tecnologías convencionales de tratamiento de aguas residuales para posteriormente ser recirculada en el sistema.

Gestión de residuos Secundarios

La generación de residuos secundarios depende de:

- El tamaño y distribución de las partículas del suelo.
- Los procesos de lavado de suelos.
- Contaminantes.

Las partículas sobrantes pueden ser llevadas a un vertedero o entregadas a una compañía que se encargue de ellas.

8.2.1 Aplicabilidad. Los contaminantes que son objetivo de un tratamiento de lavado de suelo son los POC (pesticidas organoclorados), combustibles e inorgánicos. La tecnología se puede utilizar en VOC (compuestos orgánicos volátiles) seleccionados y pesticidas. También ofrece el potencial para la recuperación de metales y puede limpiar una amplia gama de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos de grano grueso [12].

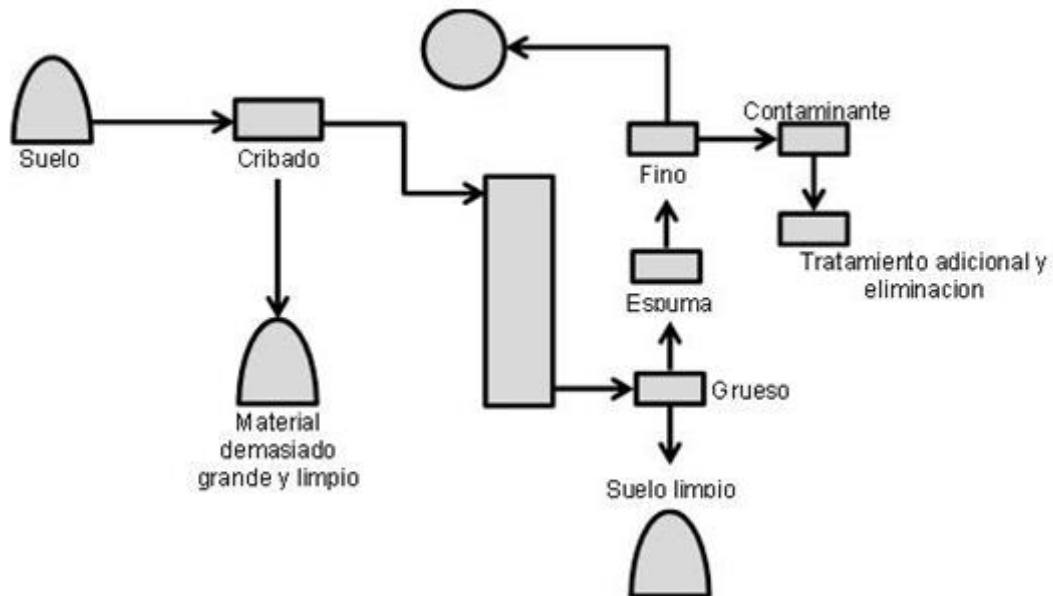
8.2.2 Limitaciones. Los factores que pueden limitar la aplicabilidad y eficacia del proceso incluyen:

- Partículas finas del suelo (por ejemplo, limo, arcillas) pueden requerir la adición de un polímero para eliminarlos desde el fluido de lavado.

- Las mezclas de residuos complejos (por ejemplo, los metales con compuestos orgánicos) hacen que la formulación de fluido de lavado sea difícil.
- La corriente de agua que se utiliza para el lavado requiere tratamiento.

8.2.3 Datos necesarios. Granulometría (0,24 a 2 mm rango óptimo), el tipo de suelo, el tipo y la concentración de contaminantes, la textura, contenido de materia orgánica, conductividad y pH.

Figura 26. Proceso del tratamiento lavado de suelos.



Fuente: DOD Environmental Technology Transfer Committee, REMEDIATION TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX AND REFERENCE GUIDE SECOND EDITION, October 1994.

8.2.4 Costos. Se estima que el lavado del suelo tendrá un costo de \$140 dólares por tonelada equivalente a 252.000 pesos colombianos por tonelada; esto se traduce un total aproximado de 301.601.070 pesos colombianos para remediación de los 15 lugares que fueron utilizados como depósitos de lodos de perforación hace algunos años. Los costos incluyen la excavación del suelo de las piscinas, el

tratamiento, el relleno, la estabilización de residuos, transporte, eliminación y otros gastos auxiliares.

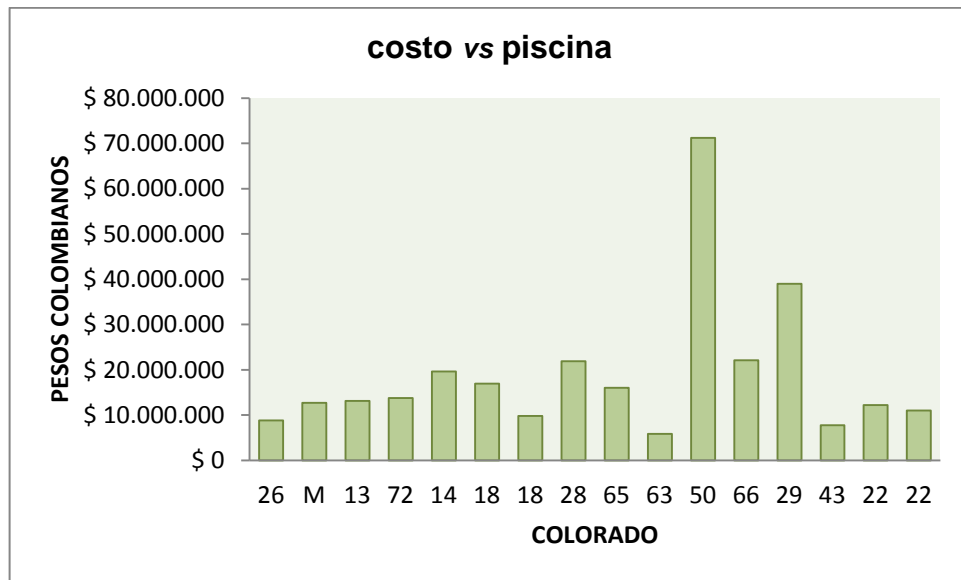
La tabla 92 y la figura 27 permiten hacer un análisis de costos por piscina y una comparación entre cada una de ellas respecto al costo que implicaría la remediación según las dimensiones.

Tabla 92. Análisis de costos por piscina

TABLA DE ANALISIS DE COSTOS									
Prueba de densidad		Vol.	Densidad Kg/M ³	Volumen de las piscinas			Masa Tonelada	Costo 252000 pesos/ton	
Piscina	Masa (gr)			Ancho (m)	Largo (m)	Prof.			
26	11,64	10 ml	1164	3,8	7,9	1 m	30,02	34,94	\$ 8.805.707
M	15,64		1564	6,7	4,8		32,16	50,30	\$ 12.675.156
13	16,23		1623	4	8		32	51,94	\$ 13.087.872
72	13,24		1324	9,8	4,2		41,16	54,50	\$ 13.732.952
14	19,55		1955	7,5	5,3		39,75	77,71	\$ 19.583.235
18	12,56		1256	9,4	5,7		53,58	67,30	\$ 16.958.713
18	14,02		1402	7,5	3,7		27,75	38,91	\$ 9.804.186
28	17,3		1730	11,4	4,4		50,16	86,78	\$ 21.867.754
65	14,14		1414	9	5		45	63,63	\$ 16.034.760
63	10,36		1036	4	5,6		22,4	23,21	\$ 5.848.013
50	20		2000	9	15,7		141,3	282,60	\$ 71.215.200
66	18,45		1845	9,5	5		47,5	87,64	\$ 22.084.650
29	14,39		1439	5	21,5		107,5	154,69	\$ 38.982.510
43	11,28		1128	4	6,8		27,2	30,68	\$ 7.731.763
22	16,55		1655	6,5	4,5		29,25	48,41	\$ 12.199.005
22	17,62		1762	5,5	4,5		24,75	43,61	\$ 10.989.594
								\$ 301.601.069	

Fuente: los autores

Figura 27. Diagrama de barras de costos por cada piscina a remediar de Campo Colorado.



Fuente: los autores

8.2.5 Eficiencia del lavado de suelos. Para estimar un rango de eficiencia al momento de cuantificar el porcentaje removido de contaminante en las piscinas de Campo Colorado se toma como base experimental algunos reportes emitidos por los Estados Unidos sobre lavado de suelos aplicados a sitios contaminados.

A continuación se presentan las tecnologías de lavado de suelos junto con los contaminantes tratados, cantidad afectada, niveles de contaminación y limpieza:

1. *King of Prussia (KOP), Superfund Site, New Jersey.*

- Contaminante: Metales pesados, Cromo, Cobro, Níquel.
- Cantidad contaminada: 15 Acres
- Niveles de limpieza logrados:

Contaminante	Concentración	Criterio de limpieza	Suelo limpio	Porcentaje removido
	ppm	ppm	ppm	
Cromo	4250	483	73	98.3%
Cobre	10000	3500	110	98,90%
Níquel	6000	1935	25	99.6%

Fuente: Environmental Restoration engineering, soil Washing Technology Evaluation, 1995.

2. Prudhoe Bay, Alaska.

- Contaminante: Petróleo
- Cantidad contaminada: 10.000 toneladas
- Niveles de limpieza logrados:

Estado del suelo	TPH	TOTAL	TCLP
	ppm	ppm	ppm
Suelo contaminado	5530	3330	37
Criterio de limpieza	500	1000	5
Después del lavado de suelos	207	224	2
Porcentaje removido	96.3%	93.3%	94.6%

Fuente: Environmental Restoration engineering, soil Washing Technology Evaluation, 1995.

3. Twin Cities Army Ammunition Plkt (TCAAP), Minnesota.

- Contaminante: Plomo, cromo, mercurio, níquel, plata, cobre, antimonio y cadmio.
- Área contaminada: 3 acres.
- Niveles de limpieza logrados:

Contaminante	plomo	Otros metales pesados
Suelo contaminado	6000	Niveles elevados
Después del lavado de suelos	175	Niveles permitidos
Porcentaje removido	97%	Alto

Fuente: Environmental Restoration engineering, soil Washing Technology Evaluation, 1995.

4. Thunder Bay, Great Lakes, Ontario

- Contaminante: Metales pesados, Hidrocarburos de petróleos y grasas.
- Área contaminada: 20.000 m³.
- Niveles de limpieza logrados:

Contaminante	Antes del lavado	Después del lavado	Porcentaje removido
	ppm	ppm	
TPH	4770	400	91.6%
Crudo y grasas	91600	3940	95.7%
HC de petróleo semivolátiles	21000	2200	89.5%
Naftaleno	1400000	73000	94.8%
Benzoantraceno	115000	19000	83.5%

Fuente: Environmental Restoration engineering, soil Washing Technology Evaluation, 1995.

De acuerdo con lo anterior y lo indicado en cada tabla sobre la técnica del lavado de suelo se puede estimar un 90% de eficiencia en cuanto a remoción de partículas contaminantes del suelo a causa de residuos de lodos de perforación dispuestos en piscinas de Campo Colorado una vez finalizado el programa de remediación.

9. RESULTADOS

9.1 CONCLUSIONES

1. Todas las piscinas de lodo no remediadas de Campo Colorado fueron sometidas a muestreo para llevar a cabo pruebas de laboratorio donde se determinan las características de este residuo, los resultados arrojan que el Colorado 43 es la piscina de lodo con situación más crítica y la piscina de lodo del Colorado 65 es la piscina cuya remediación no es tan urgente pero con igual importancia que las demás. El principal factor para determinar su peligrosidad está basado en su ubicación y el número de personas que puedan entrar en contacto con el lugar.
2. La técnica de remediación utilizada por el campo para las piscinas del Colorados 3, Colorado16, Colorado19, Colorado 24, Colorado 25, Colorado 27, Colorado 31, Colorado 33, Colorado 38, Colorado 42, Colorado 62, Colorado 67 y Colorado 76 no fue la más adecuada; las legislaciones ambientales son muy rigurosas con la remediación de pasivos ambientales y esta situación podría costarle al campo una multa bastante grande por el manejo de sus residuos, es por ello que los autores plantean una técnica de remediación teniendo en cuenta las necesidades de Campo Colorado y las exigentes o rigurosas normas ambientales.
3. La herramienta de muestreo permite extraer 700 gramos de material contaminante, es necesario introducir la herramienta lo más profundo posible para obtener esta cantidad, el laboratorio exige mínimo 200 gramos de muestra por cada piscina por si existe la posibilidad de repetir algún procedimiento más de una vez debido a errores o inconsistencias. El colorado con más de una piscina, por ejemplo el 22, fue muestreado en ambas piscinas pero en el laboratorio se toman las muestras como una sola para dar un solo resultado

teniendo en cuenta los costos que implica cada análisis y los riesgos ambientales hechos a cada lugar.

4. El lavado de suelos se propone como técnica de tratamiento físico/químico para reducir o eliminar los pasivos ambientales capaz de combatir una mezcla de contaminantes (hidrocarburos, material inorgánico y metales pesados) presentes en Campo Colorado en relación a las piscinas de lodo que aún no han sido remediadas. Se expone una idea clara del método de remediación basado en datos adquiridos directamente de la fuente contaminante; la propuesta de remediación por parte de los autores deja abierta la posibilidad de implementarse o no según las condiciones de la siguiente fase de remediación o el objetivo de la nueva investigación.

9.2 RECOMENDACIONES

1. Para llevar a cabo el proceso de muestreo es necesario conocer la extensión espacial y la profundidad promedio de la zona contaminada junto con un análisis detallado de lugar con el fin de fabricar la herramienta ideal para la toma de muestras; además se recomienda la distribución previa de tareas de campo y la realización de un simulacro con el fin de evitar contratiempos y garantizar el excelente desempeño del extractor de muestras.
2. Se recomienda aplicar la técnica de remediación de manera in situ con el objetivo de eliminar o por lo menos disminuir los pasivos ambientales relacionados con las piscinas de lodo de Campo Colorado, obteniendo los permisos legales necesarios y un estudio previo de factores más detallados del suelo o de los microorganismos si la técnica es reemplazada por otro tipo de remediación.
3. La herramienta de muestreo es solo útil para suelos poco rocosos, algunas piscinas son bastante complejas para llevar a cabo el proceso de muestreo debido al difícil acceso que tiene cada pasivo ambiental, al aplicar la técnica de

lavado de suelos es pertinente tener en cuenta dentro del presupuesto, el personal encargado de abrir camino o despejar del camino existente escombros, cobertura vegetal entre otros factores que hagan difícil el transporte de todos los equipos en general.

4. Se recomienda realizar un trabajo detallado con relación a las piscinas de lodo que figuran como remediadas en Campo Colorado, con el objetivo de abrir la oportunidad de hacer un mismo trabajo de recuperación en todas las piscinas de lodo o para cumplir con los requisitos de cierre o clausura de los lugares utilizados por la industria petrolera.

BIBLIOGRAFÍA

[1] BADILLO GARCIA, Scarleth. ROMERO JIMENEZ, Hilari Sarai. Fortalecimiento de la cultura ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado. Trabajo de grado de Ingeniería de Petróleos. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. 2012. 23 p.

[2] Propuesta de directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la responsabilidad ambiental relación y reparación de daños ambientales, COM (2002) 17 final 2002/0021 (COD), 2002. 1-3 p.

[3] SIERRA, Miguel Ángel. Lecturas sobre lodos de perforación; Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín; facultad de minas. Medellin 2000. 53-65 p.

[4] GODEC, M., and BIGLARBIGI, K. Economic effects of environmental regulations on finding and developing crude oil in the U.S.JPT, January, 1991. 72-79 p.

[5] SMITH, A.L. Securing the future: in partnership with the environmental. JPT, June, 1996, pp. 526-532.

[6] GIRALDO, H. Variación de propiedades de soluciones de polímeros con temperatura. Medellín, 1974. 86 pp. Tesis (Ingeniero de petróleo). Universidad Nacional de Colombia, Facultad Nacional de Minas, Departamento de Recursos Minerales, Unidad de petróleo.

[7] SIERRA, M.A. y SALAZAR, G. propuesta para un proyecto de investigación sobre uso de materiales poliméricos, producidos o comercializados en Colombia,

en la perforación de pozos de gas o aceite. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 1926. 25 p

[8] CHAGOYA Eduardo., VOLKE SEPÚLVEDA Tania. Tecnologías de remediación para suelos contaminados. México, 2002.

[9] Decreto 4741 de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Disponible en: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?IServicio=Publicaciones&ITipo=publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&id=16>.

[10] LURRALDE Antolamendu, ETXEBIZITZA eta Ingurugiro Saila, Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente, Investigación de la contaminación del suelo, guía metodológica, toma de muestras, 1998.

[11] Guía Técnica Colombiana GTC 104. Gestión del riesgo ambiental. Principios y procesos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC. Bogotá, 2004.

[12] DOD Environmental Technology Transfer Committee, REMEDIATION TECHNOLOGIES SCREENING MATRIX AND REFERENCE GUIDE SECOND EDITION, Octubre 1994.

[13]. CASTRO SALAZAR, Carlos. ROJAS HERRERA, Fernando. Proyecto de grado. Formulación de un lodo para futuras perforaciones en campo colorado. Trabajo de grado de ingeniería de petróleos. Bucaramanga. Universidad industrial de Santander. Facultad de ingeniería fisicoquímicas. Escuela de ingeniería de petróleos. 2008.

- [14]. Comisión Ejecutiva Confederal de UGT (unión general de trabajadores). Guía de Agentes Químicos Peligrosos; Consuldis, S.A. Disponible en: <http://www.feteugtcyl.es/sites/default/files/Guia%20de%20agentes20quimicos.pdf>
- [15]. Environmental Restoration engineering, soil Washing Technology Evaluation, 1995.
- [16]. Norma UNE 150008 EX – Análisis y Evaluación de los riesgos ambientales. Unión de Naciones Europeas, 2000.
- [17]. OSORNIO VARGAS V. M; AYALA ORTIZ J.L; FRANYUTTI LEÓN A.D. confrontación de tecnologías de remediación de suelos en el activo de producción cinco presidentes.
- [18]. The environmental encyclopedia for the Camp Stanley Storage Activity, CSSA, soil Washing Treatability Study for SWMU B-20, 2000. Disponible en: www.stanley.army.mil

ANEXOS

ANEXO A Piscinas de lodo remediadas de Campo Colorado

Fotografía 8. Colorado, MOJADA



Fuente: los autores 2012

Fotografía 9. Colorado 22, piscina 1



Fuente: los autores 2012

Fotografía 10. Colorado 22, piscina 2



Fuente: los autores 2012

Fotografía 11. Colorado 18, piscina 1



Fuente: los autores 2012

Fotografía 12. Colorado 18, piscina 2



Fuente: los autores 2012

Fotografía 13. Colorado 13



Fuente: los autores 2012

Fotografía 14. Colorado 14



Fuente: los autores 2012

Fotografía 15. Colorado 29



Fuente: los autores 2012

Fotografía 16. Colorado 26



Fuente: los autores 2012

Fotografía 17. Colorado 28



Fuente: los autores 2012

Fotografía 18. Colorado 63



Fuente: los autores 2012

Fotografía 19. Colorado 50



Fuente: los autores 2012

Fotografía 20. Colorado 66



Fuente: los autores 2012

Fotografía 21. Colorado 72



Fuente: los autores 2012

Fotografía 22. Colorado 71



Fuente: los autores 2012

Fotografía 23. Colorado 65



Fuente: los autores 2012

Fotografía 24. Colorado 43



Fuente: los autores 2012

**ANEXO B. Permiso de campo Escuela Colorado para trabajar con las
piscinas de lodo no remediadas**



Bucaramanga, 17 de septiembre de 2012

Señores:

Campo Escuela Colorado

Cordial saludo.

Atentamente me dirijo para manifestarle la intención de obtener un permiso para llevar a cabo un proceso de muestreo en las piscinas de lodo no remediadas de Campo Colorado, con el fin de desarrollar el trabajo de grado: "Caracterización físico-química de lodos extraídos de piscinas del campo colorado como primera fase de un proceso de remediación", cuyos autores son JACKSON FABIAN RIVERA PEREZ Cód. 2083547 y JUAN CAMILO CELY SALAZAR Cód. 2083077; dirigidos por el ING. OSCAR FERNANDO LOPEZ SILVA.

El objetivo del muestreo es realizar la caracterización físicoquímica de lodos dispuestos en el suelo en lugares conocidos como piscinas de lodo mediante pruebas de laboratorio al mismo tiempo que se propone una técnica de remediación que pueda ser implementada por Campo Colorado y finalmente eliminar los pasivos ambientales relacionados con el tema, evitando problemas legales por residuos que contribuyen al deterioro del paisaje y representan un riesgo para la población aledaña.

Agradeciendo su colaboración.

Cordialmente,


LUCIA MARTINEZ GELVEZ
CAMPO ESCUELA COLORADO

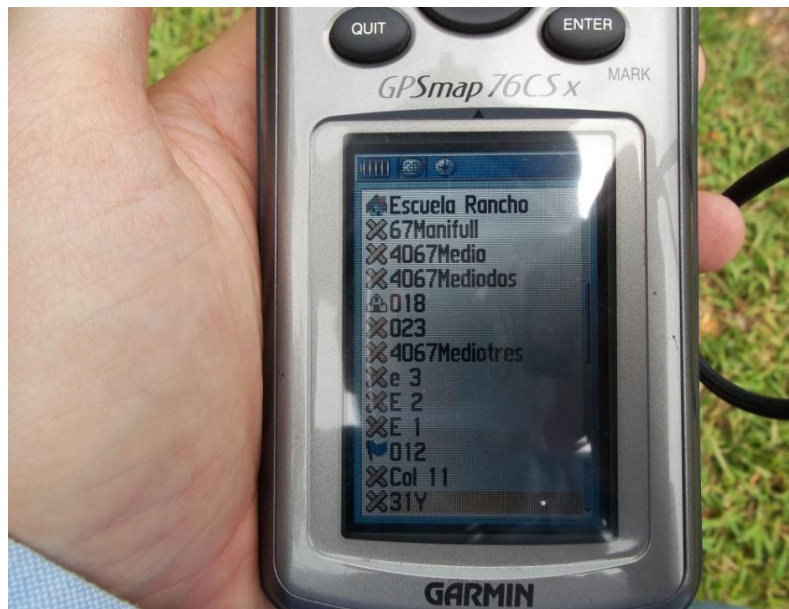
Ciudad Universitaria – Carrera 27 calle 9, Universidad Industrial de Santander
Edificio Jorge Bautista Vesga, 2 Piso, Oficina Proyecto Campo Escuela Colorado, Telefax: 6342247
Computador: 6344000 Ext.: 1334, Bucaramanga - Colombia

ANEXO C. Elementos necesarios para determinar: dimensión, ubicación y estado de las piscinas de lodo de Campo Colorado

Fotografía 25. Decámetro



Fotografía 26. GPS



Fuente: los autores 2012

Fotografía 27. Reconocimiento del lugar para determinar el estado de cada piscina



Fuente: los autores 2012

ANEXO D. Herramienta de muestreo 3D



Fuente: los autores

DATOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN	
Diseñado por:	Juan Camilo Cely
Fabricado por:	Luis Alberto Caballero Lizcano
Empresa:	LIZCANO MECANICA INDUSTRIAL Fabricación de poleas, piezas especiales y mantenimiento de máquinas agrícolas
Dirección:	Carrera 13 No.21-16-B Girardot
Teléfono:	6713242

ANEXO E. Protección personal para la toma de muestras de piscinas de lodo de Campo Colorado

Fotografía 28. Uso de casco, protección personal



Fotografía 29. Uso de guantes, protección personal



Fuente: los autores 2012

Fotografía 30. Uso de botas y camisa, protección personal



Fuente: los autores 2012

ANEXO F. Corrida de herramienta y toma de muestras

Fotografía 31. Paso 1



Fotografía 32. Paso 2



Fuente: los autores 2012

Fotografía 33. Paso 3



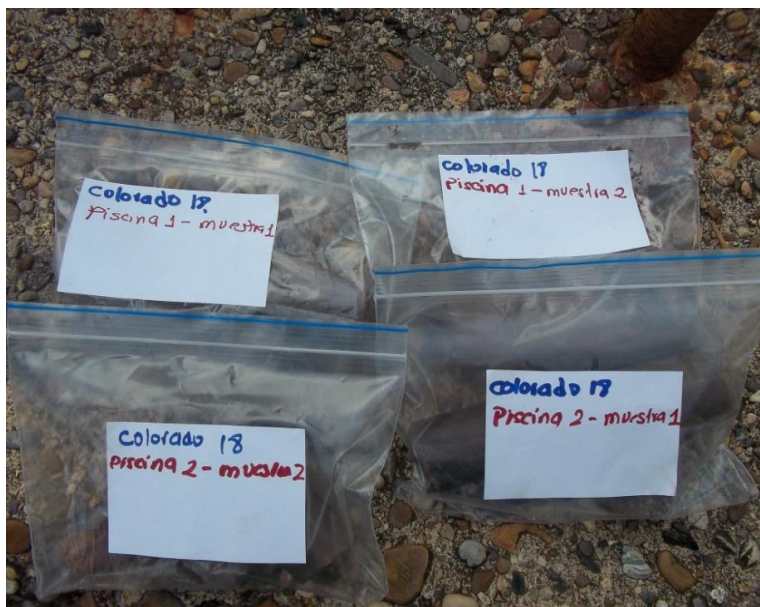
Fuente: los autores 2012

Fotografía 34. Paso 4, extracción de muestra



Fuente: los autores 2012

Fotografía 35. Paso 5, rotulación de muestra



Fuente: los autores 2012

ANEXO G. Lista de residuos o desechos peligrosos por procesos o actividades

ACTIVIDADES	
Y1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, centros médicos y clínicas
Y2	Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos
Y3	Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos
Y4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos
Y5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y la utilización de productos químicos para la preservación de la madera
Y6	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos
Y7	Desechos, que contengan cianuros, resultantes del tratamiento térmico y las operaciones de temple
Y8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados
Y9	Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua
Y10	Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por, bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB)
Y11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico

ACTIVIDADES	
Y12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintes, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices
Y13	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos
Y14	Sustancias químicas de desecho, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan
Y15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente
Y16	Desechos resultantes de la producción; preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos
Y17	Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos
Y18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales

Desechos que tengan como constituyentes	
Y19	Metales carbonilos
Y20	Berilio, compuestos de berilio
Y21	Compuestos de cromo hexavalente
Y22	Compuestos de cobre
Y23	Compuestos de zinc
Y24	Arsénico, compuestos de arsénico
Y25	Selenio, compuestos de selenio
Y26	Cadmio, compuestos de cadmio
Y27	Antimonio, compuestos de antimonio
Y28	Telurio, compuestos de telurio
Y29	Mercurio, compuestos de mercurio
Y30	Talio, compuestos de talio
Y31	Plomo, compuestos de plomo
Y32	Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión de fluoruro calcio
Y33	Cianuros inorgánicos
Y34	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida

Y35	Soluciones básicas o bases en forma sólida
Y36	Asbesto (polvo y fibras)
Y37	Compuestos orgánicos de fósforo
Y38	Cianuros orgánicos
Y39	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles
Y40	Éteres
Y41	Solventes orgánicos halogenados
Y42	Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados
Y43	Cualquier sustancia del grupo de los debenzofurados policlorados
Y44	Cualquier sustancia del grupo de las debenzoparadioxinas policloradas
Y45	Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo, Y39, Y41, Y42, Y43, Y44)

Fuente: Decreto 4741 de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Disponible en: <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?IServicio=Publicaciones&ITipo=publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&id=16>.

ANEXO H. Análisis físico-químicos

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 1 de 31	



Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1659 de 2011, en los parámetros pH, DBO₅, DQO, SST, fenoles, SAAM, grasas y aceites en aguas, metales totales y disueltos en aguas, metales totales en suelos y toma de muestras puntuales y compuestas



Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 5534 de 2010, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano

Informe de resultados No.	12-603	Fecha de emisión:	Noviembre 21 de 2012
Ciente:	CAMPÓ COLORADO		
Dirección del cliente:	Universidad Industrial de Santander Campus Central		
Solicitud de servicio No.	12-581	No. de muestras:	15
Fecha de recepción de las muestras:	Octubre 18 de 2012		
Muestras recibidas por:	Johanna Riveros		
Fecha de análisis:	Octubre 19 de 2012 – Noviembre 21 de 2012		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	12-581-01	Tipo de muestra:	Puntual
Identificación de la muestra:	Colorado 71		
Matriz de la muestra:	Agua Residual		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Colorado 71 /Centro Piscina de Lodos		
Fecha del muestreo:	Octubre 17 de 2012		

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	6,72	Potenciométrico / SM 4500-H* B
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico / SM 2550 B
Conductividad (µS/cm)	432	Conductivimétrico / SM 2510
Hidrocarburos Totales (mg/L)	4,5	Extracción Líquido / Líquido/ SM 5520 F
Grasas y Aceites (mg/L)	22,4	Extracción Líquido / Líquido /SM 5520 B
Plomo (mg Pb/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111 B
Arsénico (µg As/L)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros / SM 3114 C

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioguimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 2 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Selenio (µg Se/L)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros / SM 3114 C
Cadmio (mg Cd/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111 B
Cromo (mg Cr/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111 D
Cinc (mg Zn/L)	0,60	Absorción Atómica / SM 3111 B
Plata (mg Ag/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111 B
Bario (mg Ba/L)	2,5	Absorción Atómica / SM 3111 D
Calcio (mg Ca/L)	18,60	Absorción Atómica / SM 3111 B
Magnesio (mg Mg/L)	5,94	Absorción Atómica / SM 3111 B
Sodio (mg Na/L)	19,97	Absorción Atómica / SM 3111 B
Cobre (mg Cu/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111 B
Mercurio (µg Hg/L)	6,80	Absorción Atómica / Generación de Hidruros / SM 3114 C
Antimonio (mg Sb/L)	<L.D	Absorción Atómica / SM 3111 B

L.D: Límite de Detección del Vanadio 0,4 mg V/L
L.D: Límite de Detección del Níquel 0,123 mg Ni/L
L.D: Límite de Detección del Cadmio 0,014 mg Cd/L
L.D: Límite de Detección del Plomo 0,26 mg Pb/L
L.D: Límite de Detección del Arsénico 0,18 µg As/L
L.D: Límite de Detección del Mercurio 0,3 µg Hg/L
L.D: Límite de Detección del Cobre 0,038 mg Cu/L
L.D: Límite de Detección del Cromo 0,076 mg Cr/L

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 3 de 31	



Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

2. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-02	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 65	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 65 /Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	7,18	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	246	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	1,48	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	3,09	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	17,9	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	<0,012	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	470	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	184	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 4 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

2. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	12,8	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	4337,6	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	1281,1	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	3027,5	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	14,3	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	238,7	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	19,7	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 5 de 31	



Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

3. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-03	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 18	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 18 /Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	6,65	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	81,2	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	0,91	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	1,97	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	<5,5	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	0,22	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	6,04	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	71,5	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia



	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 6 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

3. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	136	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	3083,1	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	1178,2	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	4030,2	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	44,4	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	222,5	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	36,1	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 7 de 31	

Informe de resultados No. 12-603



Solicitud de servicio No. 12-581

4. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	12-581-04	Tipo de muestra:	Compuesta
Identificación de la muestra:	Colorado 50		
Matriz de la muestra:	Suelo		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	Colorado 50 /Centro Piscina de Lodos		
Fecha del muestreo:	Octubre 16 Y 17 de 2012		

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	6,45	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	54,6	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	0,11	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	0,43	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	8,21	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	0,34	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	12,6	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	107	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 8 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

4. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	145	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	2635,9	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	1554,1	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	156,7	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	12,7	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	230,6	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	29,5	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 9 de 31	



Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

5. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-05	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 14	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 14 /Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	6,04	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	28,5	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	0,02	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	0,89	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	<5,5	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	0,39	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	3,76	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	57,0	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 10 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

5. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	128	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	1697,7	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	922,7	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	2757,9	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	8,65	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	266,9	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	37,4	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 11 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

6. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-06	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 29	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 29 /Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	6,10	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	87,7	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	0,035	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	0,46	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	<5,5	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	0,25	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	24,5	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	121	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 12 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

6. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	561	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	5017,4	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	4424,0	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	9249,5	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	16,7	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	863,8	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	38,6	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 13 de 31	



Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

7. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-07	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 28	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 28 /Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	5,17	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	81,3	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	0,32	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	1,31	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	320	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	0,20	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	34,6	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	154,0	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 14 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

7. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	1263	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	16644,02	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	1710,5	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	3831,5	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	77,7	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	387,2	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	41,0	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 15 de 31	


Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

8. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-08	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 66	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 66 / Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	7,43	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	377	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	0,09	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	1,49	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	<5,5	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	<0,012	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	3,60	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	65,2	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 16 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

8. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	139	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	2620,7	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	691,8	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	2122,6	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	16,4	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	160,7	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	28,9	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 17 de 31	



Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

9. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-09	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 43	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 43 / Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	7,15	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	336	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	44,18	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	45,87	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	54,4	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	47,7	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	0,11	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	20,0	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	290	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 18 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

9. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	2014	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	7666,4	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	2868,2	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	7595,06	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	37,2	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	475,4	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	<0,6	Absorción Atómica

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 19 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

9. ANALISIS FISICOQUIMICO TCLP

Codificación de la Muestra: 12-581-09	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 43 TCLP	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 43 / Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plomo (mg Pb/L)	<L.D	Absorción Atómica
Plata (mg Ag/L)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/L)	1,88	Absorción Atómica
Cadmio (mg Cd/L)	<L.D	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/L)	<L.D	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/L)	1,13	Absorción Atómica
Cromo Hexavalente (mg Cr ⁺⁶ /L)	<L.D	Espectrofotométrico
Arsénico (µg As/L)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Mercurio (µg Hg/L)	22,2	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (µg Se/L)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros

L.D: Límite de Detección del Arsénico 0,18 µg As/L
L.D: Límite de Detección del Selenio 0,19 µg Se/L
L.D: Límite de Detección del Mercurio 0,3 µg Hg/L
L.D: Límite de Detección del Cromo 0,076 mg Cr/L
L.D: Límite de Detección del Cr⁺⁶ = 0,006 (mg Cr⁺⁶/L)
L.D: Límite de Detección del Cadmio 0,014 mg Cd/L
L.D: Límite de Detección del Plomo 0,26 mg Pb/L
L.D: Límite de Detección de la Plata 0,07 mg Ag/L

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 20 de 31	



Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

10. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-10	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 26	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 26 / Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	4,68	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	149,5	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	0,06	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	0,98	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	<5,5	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	0,39	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	15,6	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	135,8	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 21 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

10. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	475	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	3142,3	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	4203,2	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	6674,1	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	17,3	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	492,4	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	31,7	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 22 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

11. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-11	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 63	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 63 /Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	7,23	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	258	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	16,85	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	20,17	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	16,4	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	37,1	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	0,20	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	14,8	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	70,5	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 23 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

11. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	609	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	2826,5	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	1863,6	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	3367,0	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	24,6	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	235,7	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	36,6	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 24 de 31	



Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

12. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-12	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 13	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 13 / Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	4,73	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	107	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	0,044	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	0,81	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	<5,5	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	<0,012	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	16,6	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	100	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 25 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

12. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	712	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	2395,0	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	686,5	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	3674,6	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	13,6	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	291,3	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	46,4	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 26 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

13. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-13	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 22	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 22 / Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	4,96	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	24	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	0,014	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	0,73	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	<5,5	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	0,020	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	15,7	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	124	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 27 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

13. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	824	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	4297,8	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	875,7	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	3777,6	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	15,4	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	712	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	41,2	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 28 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

14. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-14	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado Mojada	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado Mojada / Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	6,84	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	176,4	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	0,054	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	1,27	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	<5,5	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	0,18	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	11,7	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	45,4	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 29 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

14. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	961	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	2639,5	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	2397,1	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	6793,9	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	10,8	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	623,9	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	33,2	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 30 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

15. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra: 12-581-15	Tipo de muestra: Compuesta
Identificación de la muestra: Colorado 72	
Matriz de la muestra: Suelo	
Muestreo realizado por: El Cliente	
Lugar y punto de muestreo: Colorado 72 / Centro Piscina de Lodos	
Fecha del muestreo: Octubre 16 Y 17 de 2012	

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	6,51	Potenciométrico
Temperatura (°C)	24,0	Termométrico
Conductividad (µS/cm)	24,2	Conductivimétrico
Hidrocarburos Totales (%)	44,14	Extracción Soxhlet / EPA 3540 C
Grasas y Aceites (%)	44,44	Extracción Soxhlet / EPA 3541
Plomo (mg Pb/Kg)	<5,5	Absorción Atómica
Arsénico (mg As/Kg)	<L.D	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Selenio (mg Se/Kg)	0,18	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Cadmio (mg Cd/Kg)	<0,6	Absorción Atómica
Cromo (mg Cr/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Cinc (mg Zn/Kg)	105	Absorción Atómica

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
 Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
 Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
 Bucaramanga - Colombia

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 05	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2012/01/16 Página 31 de 31	

Informe de resultados No. 12-603 Solicitud de servicio No. 12-581

15. ANALISIS FISICOQUIMICO

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
Plata (mg Ag/Kg)	<L.D	Absorción Atómica
Bario (mg Ba/Kg)	118	Absorción Atómica
Calcio (mg Ca/Kg)	1724,6	Absorción Atómica
Magnesio (mg Mg/Kg)	6210,4	Absorción Atómica
Sodio (mg Na/Kg)	2120,2	Absorción Atómica
Cobre (mg Cu/Kg)	8,15	Absorción Atómica
Mercurio (µg Hg/Kg)	530,1	Absorción Atómica / Generación de Hidruros
Antimonio (mg Sb/Kg)	<1,0	Absorción Atómica

Observaciones: *Ninguna*

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:

Luz Yolanda Vargas Fiallo
Directora del Laboratorio
Química. Msc Química UIS
MP PQ 1144

Elaboró: *Johanna Riveros*

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222
Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009
Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: labquimco@gmail.com;
laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co
Bucaramanga - Colombia