ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DESTINADOS A INCINERACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LAS CENIZAS GENERADAS EN EL INCINERADOR DE LA COMPAÑÍA REPSOL-YPF

OBJETIVO GENERAL

- Aplicar un tratamiento de inertización a la ceniza generada por la incineración de residuos sólidos en la estación de transferencia “Paraíso” con el fin de evitar la migración de los metales pesados al ambiente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los residuos sólidos depositados en la estación de transferencia “Paraíso”, con el fin de determinar aquellos que serán dispuestos a incineración.
- Identificar el tratamiento adecuado para la inertización de cenizas entre las emisiones procedentes de la incineración, realizando varias mezclas de aglomerantes como el cemento y materiales como cal y suelo nativo del oriente en diferentes proporciones.
- Realizar ensayos de TCLP a las mezclas inertizadas, para evaluar la eficiencia del tratamiento de inertización.
- Someter los bloques inertizados a ensayos de compresión con el fin de darles una utilidad.

- Los incineradores se alimentan con residuos que contienen sustancias tóxicas y peligrosas, como metales pesados, éstos no pueden ser degradados y por lo tanto quedan como componentes principales de las cenizas, constituyendose en un riesgo para la salud humana, por lo tanto deben ser dispuestos de una manera segura.

VENTAJAS DE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS

- REDUCCIÓN EN PESO DE RESIDUOS SÓLIDOS
  - EJ. ABRIL

Fecha	Peso inicial del residuo (Kg)	Peso neto de ceniza (Kg)	% de reducción en peso
01/04/2003	201	31	84.577
02/04/2003	238	26	89.076
03/04/2003	239	43	82.008
04/04/2003	209	52	75.120
05/04/2003	194	27	86.082
06/04/2003	196	64	67.347
07/04/2003	29[illegible]	61	79.181
08/04/2003	298	55	81.544
10/04/2003	242	50	79.339
11/04/2003	271	50	81.550
12/04/2003	240	45	81.250
13/04/2003	301	12	96.013
25/04/2003	122	54	55.738
27/04/2003	238	63	73.529
28/04/2003	29[illegible]	43	85.374
29/04/2003	352	86	75.568
30/04/2003	283	50	82.332
PROMEDIO			**79.743**

- **METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS**
- **1. SISTEMA OPERACIONAL DEL INCINERADOR** : Para poner en marcha el proceso de incineración, se realizó el conocimiento previo de todo el equipo, analizando toda la parte operacional, desde el momento de su instalación, para ello, se realizaron pruebas de puesta en marcha para reconocer los tiempos y temperaturas idóneas en todas sus cámaras, para su óptimo funcionamiento.

- El incinerador de Repsol YPF, Marca Pennram, Modelo PHCA – 100, fue instalado completamente el mes de febrero, razón por la cual el análisis de residuos sólidos destinados a incineración se realizó a partir de ésta fecha, se determinó que tipo de residuos estaban destinados a éste proceso.
- Estos residuos son:
- Residuos contaminados con hidrocarburos, papel/cartón, plásticos, madera y desechos médicos cuya cantidad es muy baja.

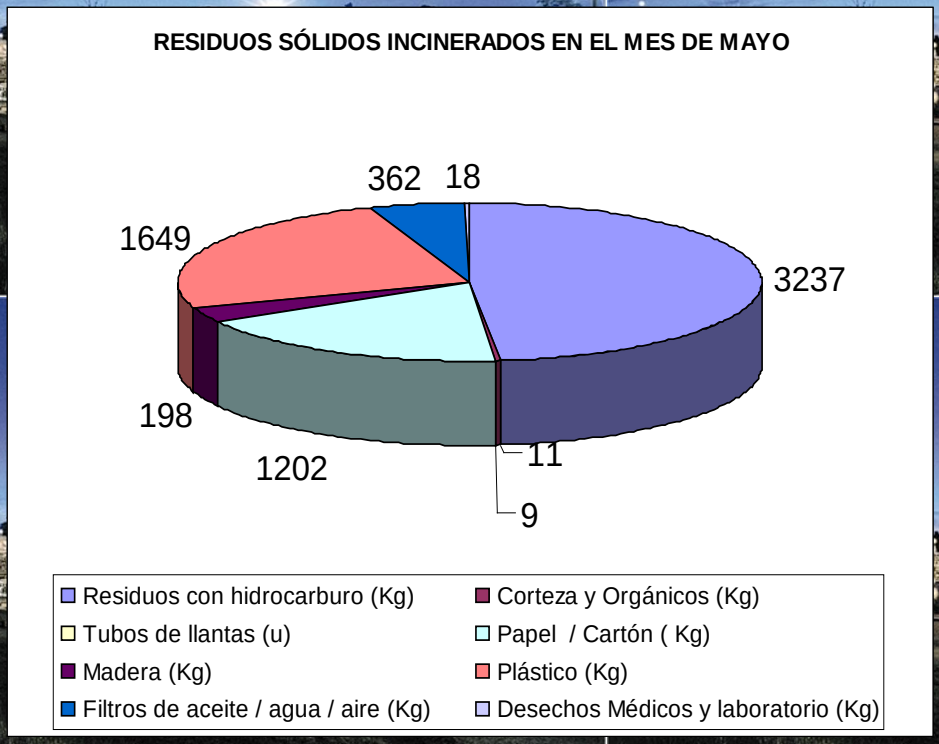
GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL BLOQUE 16 DESTINADOS A INCINERACIÓN EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA "PARAÍSO"

MESES	Abril		Mayo		Junio	
TIPO DE RESIDUO						
	Kg	**%**	**Kg**	**%**	**Kg**	**%**
Material contaminado con hidrocarburo	1454	5.2	1278	3.32	1542	5.31
Papel	3551	12.65	4978	13	3773	13
Madera	7209	25.65	14392	37.4	12874	44.37
Plástico	5190	18.46	6923	18	5415	18.66
Filtros de aceite / agua / aire	343	1.22	372	1	232	0.8
Desechos médicos y laboratorio	22	0.08	60	0.2	67	0.23
TOTAL	**17769**	**63.24**	**28003**	**72.92**	**23903**	**82.37**
PROMEDIO	2961.5	10.54	4667.1667	12.15333	3983.833	13.7283

- Luego del análisis del tipo de residuo destinados a incineración, se determinaron las mezclas idóneas para el óptimo funcionamiento del sistema operacional del incinerador, pero sobre todo con el fin de evitar que las emisiones a la atmósfera no superen los límites establecidos por la ley, además para evitar la emisión de dioxinas y furanos que a pesar de no ser emitidos por tener una temperatura superior a los 1000° C, se deben tomar en cuenta las mezclas que permitan un funcionamiento normal del sistema.

- Se estableció un horario de incineración tomando en cuenta la capacidad del sistema para lo cual se determino un trabajo diario de 8 – 10 horas con cargas de 15 Kg., lo cual fue determinado por el Técnico.
- Se establecieron registros de incineración para evaluar diariamente el tipo y la cantidad de residuos sólidos incinerados, temperaturas tanto en la cámara primaria como secundaria, cantidad de ceniza generada en el día anterior, y la percepción del color de la emisión de gases en la chimenea, para caracterizar la calidad de humo emitido.

RESIDUOS SÓLIDOS INCINERADOS EN LA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA "PARAÍSO"



No todos los meses se podrá incinerar la cantidad exacta a la de la generación de residuos sólidos, ya que el equipo tiene un límite de incineración diario que es de 8-10 horas, además no todos los días se produce una incineración constante debido a situaciones como: mantenimiento del sistema, mantenimiento del generador, cambios de gas propano, clima, etc.

Total residuos sólidos que se debían incinerar (%)			Total residuos sólidos que se incineraron (%)			Total de residuos sólidos dispuestos a evacuación, reciclaje, reutilización, y disposición final en vertederos de seguridad (%)		
Abril	Mayo	Junio	Abril	Mayo	Junio	Abril	Mayo	Junio
50.61	72.92	82.37	12	17.41	17.52	49.39	27.08	17.63

2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LA CENIZA

- . Se tomó aprox. 1 Kg. de ceniza para las tres primeras muestras, durante tres días, cada una con la identificación del tipo y cantidad de residuo inicial, (febrero), es decir durante las pruebas iniciales. Para la cuarta se realizó una muestra compuesta de varios días de incineración en el mes de abril, en éste caso no se pudo conocer el tipo de residuo incinerado, de ésta, se tomó aproximadamente 10 Kg. para la caracterización físico química de la ceniza y para la aplicación del tratamiento de estabilización y solidificación.

2.1. ANÁLISIS DE METALES PESADOS:

- Para determinar la concentración de metales pesados, se llevó a cabo la digestión ácida de las 4 muestras de ceniza, con cantidades de 5 g cada una, aplicando agua regia, hasta la digestión total de las mismas, llevando las muestras a sequedad y diluyendo hasta 20 ml, aproximadamente, con ácido nítrico al 10%.

CONTENIDO DE METALES PESADOS EN LA CENIZA SIN INERTIZAR ($mg\ kg^{-1}$)

MUESTRA	Plomo	Cromo	Níquel	Cobalto	Zinc	Vanadio	Bario	Cadmio
1*	534	151	107	54	4000	160	82	X
2*	222	212	93	22	2740	136	78	X
3*	142	136	93	14	5380	72	76	X
4**	1345	580	77	46	3450	160	155	2

Composición inicial de la carga (muestra compuesta de un día)	**Unidades**	**Muestra 1**	**Muestra 3**
Papel / cartón	Kg	24	15
Madera	Kg	0	6
Plásticos	Kg	20	38
Filtros (aceite/aire)	Kg	17	0
Residuos con HCB's	Kg	52	15
Residuos médicos / laboratorio	Kg	4	0
Orgánicos	Kg	0	29
Tubos de llantas	Kg	3	4
	TOTAL	**120**	**107**

PARÁMETRO	**UNIDAD**		
PLOMO	mg/Kg	**534**	**142**
CROMO	mg/Kg	151	136
NÍQUEL	mg/Kg	107	93
COBALTO	mg/Kg	**54**	14
ZINC	mg/Kg	**4000**	**5380**
VANADIO	mg/Kg	**160**	72
BARIO	mg/Kg	82	76

- •La muestra # 1 >concentración de Pb y Zn, así como también de Co y Va, demostrando que su procedencia se debe a la cantidad elevada de residuos con hidrocarburo, filtros de aceite y tubos de llantas, que fueron incinerados inicialmente.
- •La muestra # 3 > concentración de Zinc, por los residuos con hidrocarburo, tubos de llantas y posiblemente los plásticos ya que éstos fueron los que se incineraron en mayor cantidad. Las concentraciones de los otros metales analizados son menores a las observadas en la primera muestra. Cabe resaltar que los residuos orgánicos y la madera también se incineraron en una cantidad considerable, lo cual no ocurrió en la muestra # 1.

- Se llevó a cabo el análisis de SiO2 + insolubles, óxidos de aluminio y hierro, para verificar si la ceniza es un compuesto puzolánico apto para un tratamiento de estabilización y solidificación.
-

PARÁMETRO	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	PROMEDIO
SiO_2 + Insolubles (%)	72.84	60.06	82.77	69.35	71.25
Al_2O_3 (%)	0.016	0.022	0.0046	0.003	0.0114
Fe_2O_3 (%)	2.84	3.18	1.18	2.06	2.315

3. TRATAMIENTO DE ESTABILIZACIÓN Y SOLIDIFICACION DE CENIZAS CONTAMINANTES

- Se realizaron 15 diferentes mezclas de ceniza + cemento, cal y suelo nativo, con el fin de evaluar la mayor capacidad de retención de metales pesados de acuerdo a cada material.

MATERIALES UTILIZADOS PARA EL TRATAMIENTO DE INERTIZACIÓN DE CENIZAS

- **Cemento:** tiene la capacidad de retener metales pesados, tiene pH elevado. Los metales son retenidos como hidróxidos insolubles o carbonatos en la estructura endurecida.

- **Cal:** al reaccionar con los materiales presentes en el residuo puede dar lugar a silicato cálcico, alúmina cálcica o alumino-silicato cálcico hidratados, materiales que se forman a partir de la reacción del calcio de la cal y los alumino-silicatos del residuo. Se recomienda para contaminantes inorgánicos y lodos metálicos.

- Suelo Natural: debido a la caracteística de suelo arcilloso, tiende a adsorber a los metales pesados.

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DE LA CENIZA INTEGRADA

PARTÍCULAS > 3mm	PARTÍCULAS < 3mm (CENIZA A INERTIZAR)
15.39 %	84.61 %

Las proporciones utilizadas fueron:

MEZCLAS	MATERIALES			
	Ceniza	Cemento	Cal	Suelo
A	3	1	0	0
B	3	1	1	0
C	3	1	1	1
D	3	2	0	0
E	3	2	1	0
F	3	2	1	1
G	3	2	0	1
H	3	2	0	2
I	3	1	0	2
J	3	0	1	0
K	3	0	1	1
L	3	0	2	1
M	3	0	2	0
N	3	0	0	1
O	3	0	0	2

4. ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES RECTANGULARES INERTIZADOS

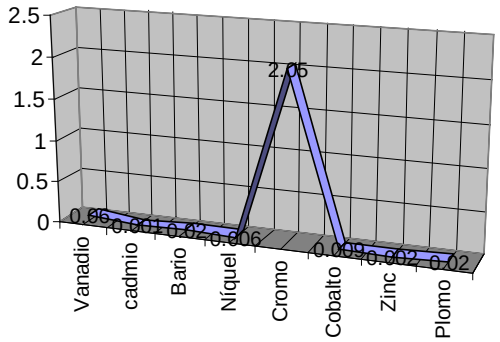
- Se utilizó recipientes rectangulares para la formación de 15 bloques a los cuales se adicionó grandes cantidades de agua para acelerar el fraguado inducido por la presencia del cemento como aglomerante y los demás materiales.
- Se esperaron 7 días hasta completar el fraguado, y luego se realizó el ensayo de TCLP.

5. PROCEDIMIENTO DE LIXIVIACIÓN CARACTERÍSTICO DE TOXICIDAD; (TCLP)

- Luego de los 7 días donde las 15 muestras inertizadas permanecieron inalteradas, se tomó una parte de cada bloque rectangular y se colocó en la estufa a 115°C, con el fin de deshidratarlas, para éstas muestras se inició el Procedimiento de Lixiviación característico de toxicidad (TCLP). *Las lecturas del lixiviado se realizaron por absorción atómica en el laboratorio de química de la U. Central del Ecuador*.

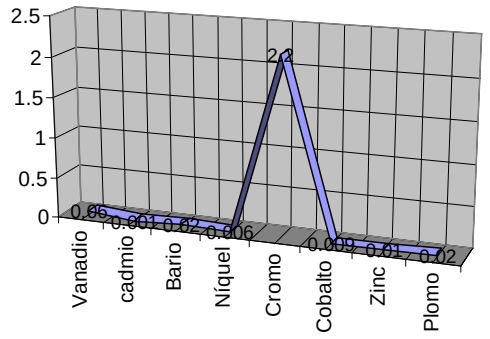
ENSAYOS	Vanadio (mg/l)	Plomo (mg/l)	Niquel (mg/l)	Zinc (mg/l)	Cadmio (mg/l)	Bario (mg/l)	Cromo (mg/l)	Cobalto (mg/l)
A	<0.06	<0.02	<0.006	0.002	<0.001	<0.02	2.05	<0.009
B	<0.06	<0.02	<0.006	0.010	<0.001	<0.02	2.2	<0.009
C	<0.06	<0.02	<0.006	0.010	<0.001	<0.02	1.64	<0.009
D	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	2.90	<0.009
E	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.38	<0.009
F	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.04	<0.009
G	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.91	<0.009
H	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.16	<0.009
I	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	2.23	<0.009
J	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.78	<0.009
K	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	<0.02	1.74	<0.009
L	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	2.20	1.16	<0.009
M	<0.06	<0.02	<0.006	<0.002	<0.001	2.40	1.51	<0.009
N	<0.06	9.30	0.52	29.0	0.03	<0.02	5.23	0.41
O	<0.06	8.50	0.35	25.4	0.02	<0.02	5.13	0.37
F*	x	x	x	x	x	x	0.77	x

ENSAYO A(ceniza:cemento, 3:1)



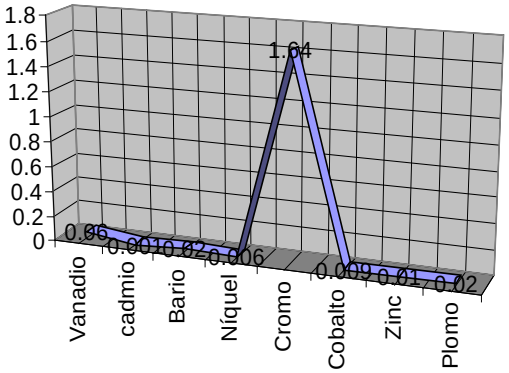
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	2.05	0.009	0.002	0.02

ENSAYO B (ceniza:cemento:cal, 3:1:1)



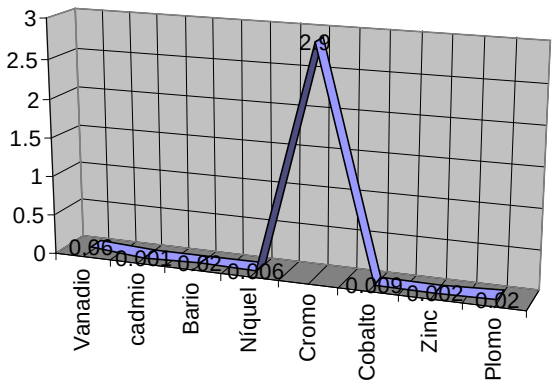
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	2.2	0.009	0.01	0.02

ENSAYO C (ceniza:cemento:cal:suelo, 3:1:1:1)



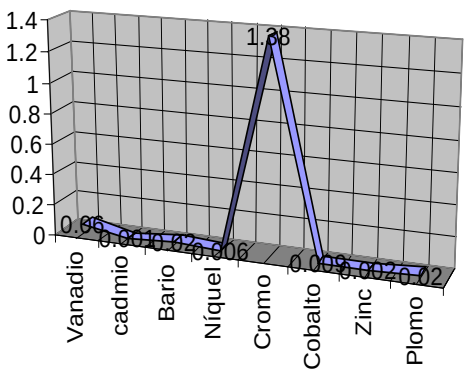
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.64	0.009	0.01	0.02

ENSAYO D (ceniza:cemento, 3:2)



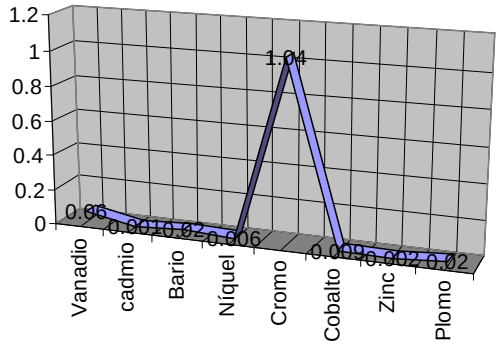
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	2.9	0.009	0.002	0.02

ENSAYO E (ceniza:cemento:cal, 3:2:1)



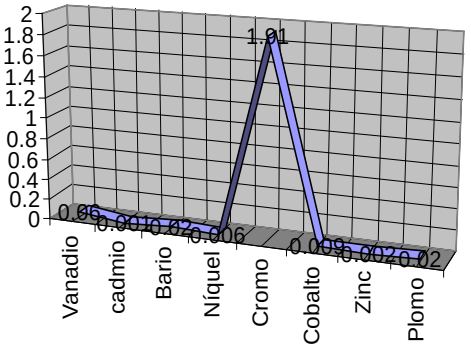
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.38	0.009	0.002	0.02

ENSAYO F (ceniza:cemento:cal:suelo, 3:2:1:1)



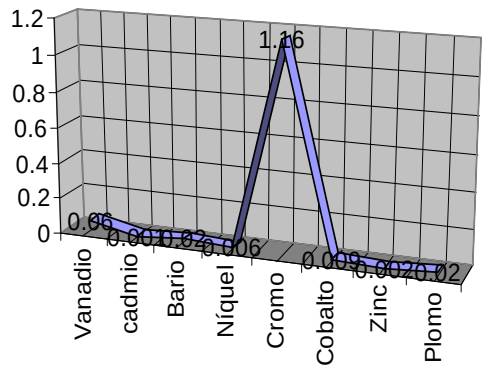
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.04	0.009	0.002	0.02

ENSAYO G (ceniza:cemento:suelo, 3:2:1)



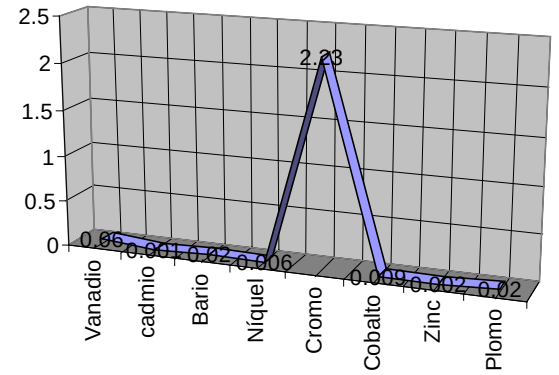
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.91	0.009	0.002	0.02

ENSAYO H (ceniza:cemento:suelo, 3:2:2)



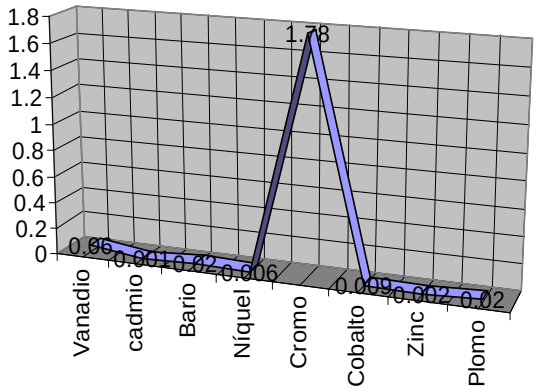
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.16	0.009	0.002	0.02

ENSAYO I (ceniza:cemento:suelo, 3:1:2)



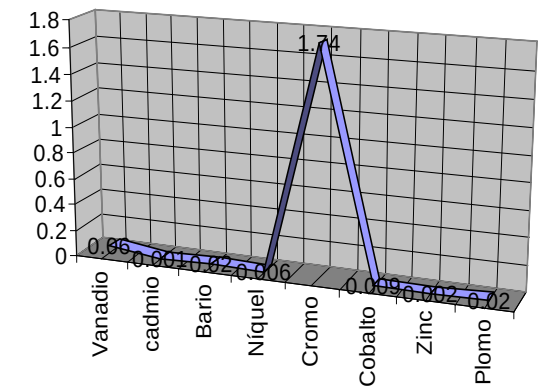
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	2.23	0.009	0.002	0.02

ENSAYO J (ceniza:cal, 3:1)



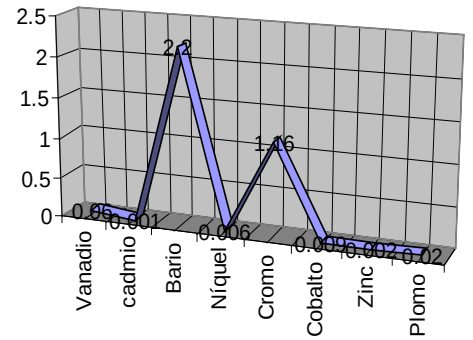
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.78	0.009	0.002	0.02

ENSAYO K (ceniza:cal:suelo, 3:1:1)



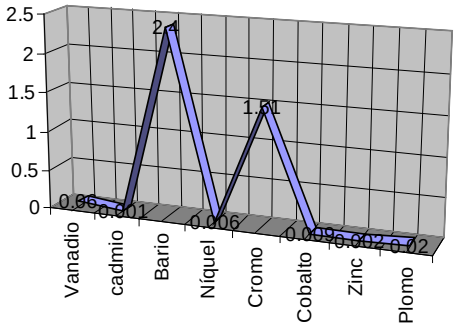
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metalica en el lixiviado	0.06	0.001	0.02	0.006	1.74	0.009	0.002	0.02

ENSAYO L (ceniza:cal:suelo, 3:2:1)



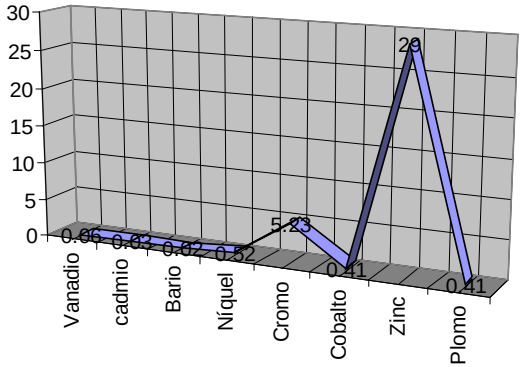
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	2.2	0.006	1.16	0.009	0.002	0.02

ENSAYO M (ceniza:cal, 3:2)



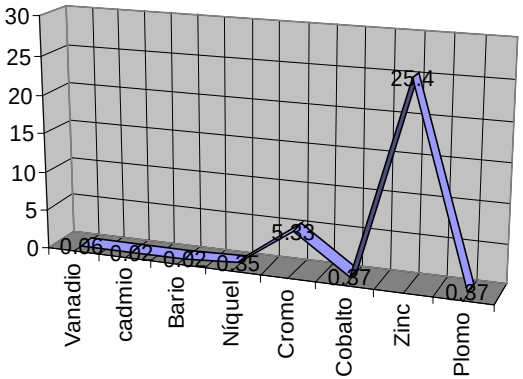
	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.001	2.4	0.006	1.51	0.009	0.002	0.02

ENSAYO N (ceniza:suelo, 3:1)



	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.03	0.02	0.52	5.23	0.41	29	0.41

ENSAYO O (ceniza:suelo, 3:2)

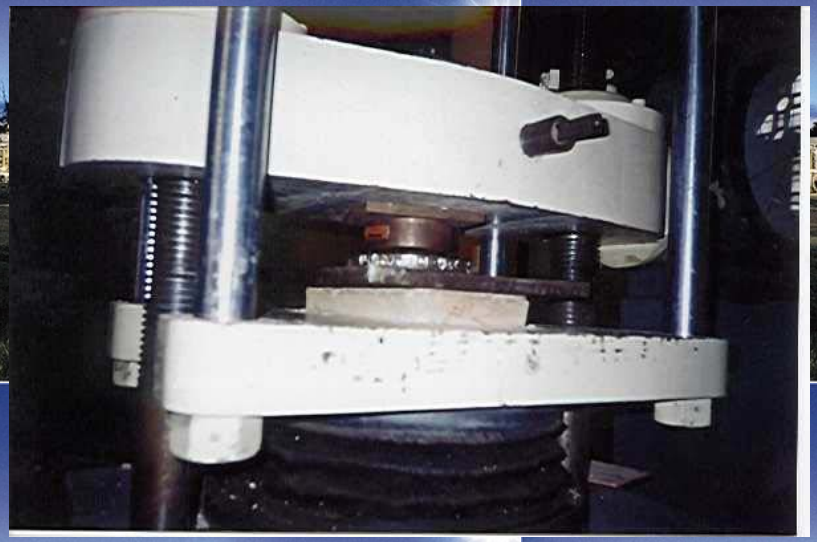


	Vanadio	cadmio	Bario	Níquel	Cromo	Cobalto	Zinc	Plomo
Concentración metálica en el lixiviado	0.06	0.02	0.02	0.35	5.33	0.37	25.4	0.37

- Una de las causas para le retención de metales en el suelo, es la cantidad de materia orgánica que éste posea, para este estudio se realizó el análisis del contenido orgánico del suelo nativo. Por su condición de suelo superficial (20 cm de profundidad aproximadamente), y por carecer de vegetación en el sitio o cerca de él, no se obtuvo la mayor cantidad de materia orgánica requerida para una óptima retención, sin embargo los resultados obtenidos en la lixiviación con las mezclas que incluían suelo, indican que si se obtuvo una retención muy buena para ciertos metales y no tan eficiente para otros. El valor del contenido orgánico analizado en nuestra muestra de suelo fue de 0.72 %.

6. BLOQUES RECTANGULARES PARA ENSAYOS DE RESISTENCIA Y COMPRESIÓN (PRUEBAS DE 7 DÍAS)

- Se realizaron 6 bloques rectangulares con moldes de dimensiones de l = 30 cm, a = 15 cm y h = 6 cm, cuyas proporciones se escogieron debido a la resistencia manual observada en las mezclas utilizadas para el tratamiento de inertización, éstas fueron: A(c,ce,ca,s-3:1:0:0), B(3:1:1:0), C(3:1:1:1), F(3:2:1:1), G(3:2:0:1) y H(3:2:0:2). Luego del proceso de fraguado de 7 días se realizó el ensayo de compresión a los bloques rectangulares según la norma ASTM C 140.



ENSAYO y PROPORCIONES (ceniza:cemento:cal:suelo)	SECCIÓN (mm^2)	CARGA (KN)	ESFUERZO (MPa)	DIMENSIONES (mm)		
				Largo	Ancho	Alto
A (3:1:0)*	45000	132	2.93	300	150	35
B (3:1:1)*	[illegible]000	158	3.51	300	[illegible]0	35
C (3:1:1:1*)	45000	58	1.29	300	150	50
F (3:2:1:1)*	45000	104	2.31	300	150	57
G (3:2:0:1)*	45000	220	4.89	300	150	45
H (3:2:0:2)*	45000	176	3.91	300	150	60

6.2 PRUEBA DE 14 DIAS

- Con la proporción de la mezcla F modificada (3:2:1:1;3:2:2), utilizada para el tratamiento de estabilización, se realizó la elaboración de dos bloques rectangulares destinados a la evaluación de la resistencia a la compresión.
- Para ésta prueba se utilizaron bloques de madera con la siguientes dimensiones: l = 40 cm, a = 20 cm, h = 10 cm. Luego del proceso de fraguado de 14 días se realizó el ensayo de compresión a los bloques rectangulares según la norma ASTM C 140.

ENSAYO Y PROPORCIÓN (Ceniza:cemento: cal)	SECCIÓN (mm^2)	CARGA (KN)	ESFUERZO (MPa)	DIMENSIONES (mm)		
				Largo	Ancho	Alto
F* (3:2:2)	80000	82	1.03	400	200	55
F* (3:2:2)	80000	92	1.15	400	200	75

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE INERTIZACIÓN

ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

	Máximo permisible (mg / l)*	Concentración de metales en el sólido sin inertizar. mg / l)	Concentración de metales pesados en el lixiviado. (mg/l) Ensayos									
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Cadmio	<0.05	0.04	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cromo	<1.0	11.6	2.05	2.2	1.64	2.90	1.38	1.04	1.91	1.16	2.23	1.78
Vanadio	<0.2	3.20	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
Bario	<5	3.10	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Índice de Contaminación		7.255	0.59	0.63	0.49	0.81	0.43	0.34	0.56	0.37	0.64	0.53

* Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie" (Reglamento Ambiental para operaciones Hidrocarburíferas. 1215)

EFICIENCIA DE DESTRUCCIÓN Y REMOCIÓN

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
		Ensayo F	
Plomo	**26.9**	0.02	**1.00**
Cromo	**11.6**	1.04	**0.91**
Niquel	**1.53**	0.006	**1.00**
Cobalto	**0.91**	0.009	**0.99**
Zinc	**69**	0.002	**1.00**
Vanadio	**3.2**	0.06	**0.98**
Bario	**5.1**	0.02	**0.99**
Cadmio	**0.04**	0.001	**0.98**

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm) Ensayo M	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
Plomo	26.9	0.02	1.00
Cromo	11.6	1.51	0.87
Niquel	1.53	0.006	1.00
Cobalto	0.91	0.009	0.99
Zinc	69	0.001	1.00
Vanadio	3.2	0.06	0.98
Bario	3.1	2.4	0.23
Cadmio	0.04	0.001	0.98

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
		Ensayo N	
Plomo	**26.9**	9.3	**0.65**
Cromo	**11.6**	5.23	**0.55**
Niquel	**1.53**	0.52	**0.66**
Cobalto	**0.91**	0.41	**0.55**
Zinc	**69**	29	**0.58**
Vanadio	**3.2**	0.06	**0.98**
Bario	**3.1**	0.02	**0.99**
Cadmio	**0.04**	0.03	**0.25**

Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
		Ensayo O	
Plomo	**26.9**	8.5	**0.68**
Cromo	**11.6**	5.33	**0.54**
Niquel	**1.53**	0.35	**0.77**
Cobalto	**0.91**	0.37	**0.59**
Zinc	**69**	25.4	**0.63**
Vanadio	**3.2**	0.06	**0.98**
Bario	**3.1**	0.02	**0.99**
Cadmio	**0.04**	0.02	**0.50**

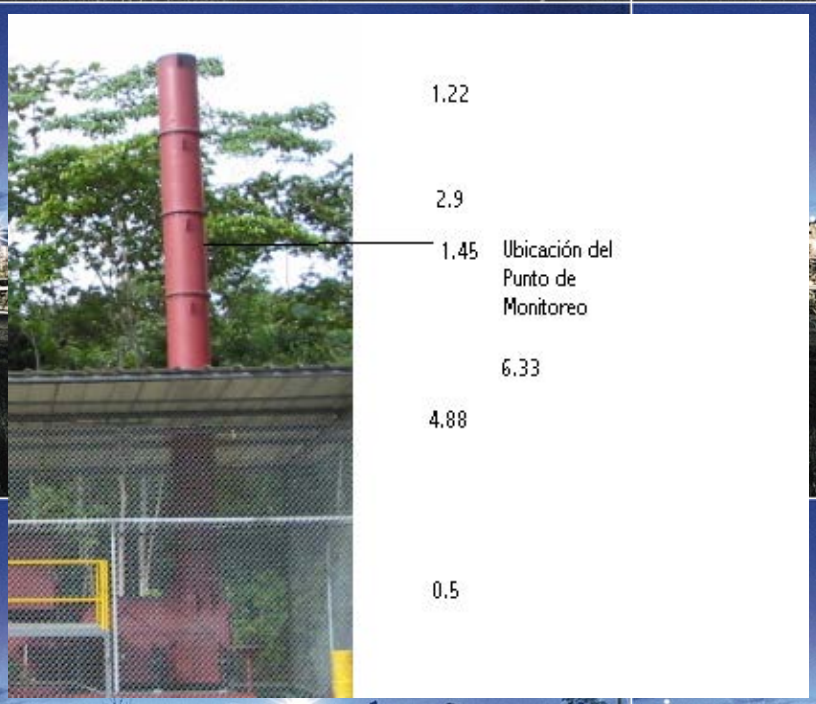
Parámetro	Concentración de metales del sólido sin inertizar. (ppm)	Concentración de metales en el lixiviado (TCLP) (ppm)	Índice de eficiencia de destrucción y remoción (DRE)
		Ensayo F*	
Cromo	11.6	0.77	0.93

GASES EN LA CÁMARA TERCIARIA Y PUNTO DE MUESTREO

- Equipo de medición de gases marca ENERAC 2000, que actualmente no permite obtener mediciones de emisión desde su chimenea ya que su puerto de muestreo no está colocado, sin embargo, se realizaron mediciones para los gases de la cámara terciaria y además se realizaron los cálculos de la ubicación del puerto de muestreo

Altura de la chimenea = 31 pies = 945 cm = 9.45 m = 9.5
Diámetro externo = 24 pulg. = 60.96 cm = 0.61 m

0.61 * 8 = 4.88
0.61 * 2 = 1.22



- Según las normas para la toma de muestras de los efluentes gaseosos que se vierten a la atmósfera, debe elegirse un lugar de muestreo de modo que la velocidad a través de una sección transversal del conducto siga una distribución normal, parabólica achatada, debe tener aproximadamente 8 diámetros después y 2 diámetros antes de cualquier elemento perturbador del flujo; tales como un codo, conexión, cambio de área, etc.

Los datos de medición de gases que se analizaron corresponden a la concentración de éstos en la cámara terciaria, los cuales fueron evaluados de acuerdo al tipo de residuo que se estaba incinerando y en cada etapa del proceso; inicio, intermedio y final.

MEZCLA = Plástico + Residuos con hidrocarburo			
	FASES DE INCINERACIÓN		
PARÁMETRO	INICIO	INTERMEDIO	FINAL
CO (ppm)	101	92	75
CO2 (ppm)	8.7	8.9	10.8
NOx (ppm)	74	73	62
SO2 (ppm)	0	3	

- Ej. mezcla: residuos con hidrocarburo + plásticos, CO es > al inicio, CO2 permanecen mas o menos constantes en la fase d einicio e intermedio, ya que no se aprecian grandes diferencias de tiempo.
-
- Concentación de óxidos de nitrógeno mas o menos constante en la fase inicial e intermedia, se reduce al final, los sopladores actúan de una forma completa en el inicio del proceso, ya que se está combustionando y para ello la cantidad de oxígeno aumenta.

CONCLUSIONES FINALES

- Con el conocimiento de las características de los residuos a incinerar, se puede establecer las mezclas apropiadas para un adecuado funcionamiento del incinerador.

- La cámara secundaria del incinerador alcanza una temperatura máxima de 1200°C, por lo tanto no existe riesgo de generación de dioxinas y furanos

- El promedio de la reducción en peso de los residuos sólidos incinerados en los meses de estudio es de 81.41 %.

- De acuerdo al análisis del contenido de materia orgánica, el suelo no es apto para una óptima retención de metales pesados, ya que su valor fue de 0.72 %, pero si es apto para la resistencia de los bloques

- La ceniza tamizada útil para el tratamiento de estabilización corresponde a un valor aproximado de 85%, mientras que el resto del residuo, conocido como “escoria”, debe separarse para disponerle en un sitio de seguridad.

- Para el Pb, Ni, Cd y Co, todas las muestras desde A hasta M, presentan una retención eficiente, Pb = < 0.02, Ni = < 0.006, Cd = < 0.001, Co = < 0.009 ppm, para las muestras N y O, cuya eficiencia se redujo, se presentó una concentración de 9.30 y 8.50 ppm, respectivamente.

- Ba = < 0.02 para las muestras desde la A hasta K, y N y O, para las mezclas L y M su concentración se incrementó generando un valor de 2.20 y 2.40 ppm, respectivamente, lo cual indica debido a la proporsión utilizada que la cal no retuvo tan eficientemente el Ba..

- El Zinc fue el metal que no obtuvo una retención eficiente en las mezclas N y O, generando concentraciones de 29.0 y 25.4 ppm, mientras que para las mezclas desde A hasta M su valor fue
- < 0.002 ppm, esto se debe a la deficiente eficiencia de retención del suelo, sin embargo para Ba y Va fue muy eficiente, mas que aquellas mezclas que carecían de suelo en sus proporciones.

- La concentración de Vanadio en los ensayos de lixiviación luego del tratamiento de inertización, en todas las muestras presentan un valor < 0.06 ppm, por lo tanto el tratamiento con todas las mezclas es eficiente para éste metal.

- Para el caso del Cromo, que obtuvo una variación en todos los casos, además del tipo de aglomerante y la proporción escogida para cada mezcla, su variación se debe a la movilidad del metal y por lo tanto a su valencia + 6.

- La mezcla F fue aquella que más se acercó al valor permitido de la Norma, generando la mejor retención de Cromo debido a las proporciones que incluían cal hidratada, determinado así la eficiencia de éste material, para la retención del metal.

- Para el ensayo F* cuyo objetivo era mejorar la capacidad de retención de Cromo se obtuvo un valor de 0.77 ppm, por lo tanto se ubica dentro del límite permitido según el Reglamento 1215 "*Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie*" cuyo valor es < 1.00 ppm.

- Con los datos de resistencia obtenidos en la prueba de 14 días para la mezcla F*, se obtuvo un valor de 11.5 Kg / cm2, por lo tanto ésta mezcla es la ideal para la retención de metales pesados como objetivo principal, y además para la utilización de sus bloques en sitios donde la compresión no supere su límite de carga máxima.

RECOMENDACIONES

1. Mezclar diferentes tipos de residuos para el proceso de incineración, evitando en lo posible colocar vidrio, además como recomendación del fabricante se menciona guardar la basura que se conozca que contiene vidrio para el final de la operación del día, con el fin de evitar que el vidrio fundido se adhiera a la línea de refracción del incinerador.

- Es necesario proteger la chimenea de los gases de escape que debido a la lluvia se precipitan y generan corrosión, para ello se puede aplicar un sistema de adsorción para lavado de gases, además es importante realizar la medición del diámetro de chimenea como mantenimiento preventivo para conocer si ha sufrido desgaste.

Es necesario retirar de las cenizas, los restos de alambres y esqueletos para enviar a chatarra, y como actividad previa al inicio del tratamiento de inertización.

Mantener un programa de monitoreo de emisiones de gases del incinerador, con el fin de dar seguridad en la prevención de emisiones perjudiciales. El programa de monitoreo debe contener la determinación de metales pesados, gases, material particulado, y dioxinas y furanos si fuera posible.

- Debido a la resistencia generada en la mezcla F*, y por ser la ideal para el tratamiento de inertización, la utilidad que se puede dar a los bloques consiste desde disposición para bordes de caminos, o mejor aún para confinar espacios donde se puedan adecuar celdas para encapsulamiento de residuos peligrosos, por medio de la formación de muros que no deben superar la altura de 1.5 m, ya que su resistencia no es óptima para alturas superiores a ésta.