RESULTADOS DE LOS PROCOLOS DE PRUEBA

PARA EL COPROCESAMIENTO DE DESECHOS PELIGROSOS EN LA PLANTA INDUSTRIAL GUAPÁN DE LA UNION CEMENTERA NACIONAL UCEM C.E.M.

Preparado por:

WCR CONSULTORÍA AMBIENTAL

Ing. William Clavijo Robinzón
Registro Ambiental MAE-177-CI
Febrero – 2016

Contenido

1 DATOS GENERALES ... 3
2 ANTECEDENTES ... 4
3 RESULTADOS PROTOCOLOS DE PRUEBA ... 4
3.1 RESUMEN DEL PROGRAMA DE PRUEBAS ... 4
3.2 INTRODUCCIÓN ... 5
3.3 OBJETIVOS DE LA PRUEBA ... 5
3.4 LINEAMIENTOS ... 5
3.5 ALCANCE DEL PROGRAMA DE PRUEBAS ... 5
3.6 SUPERVISIÓN DE PARÁMETROS DURANTE LA PRUEBA ... 6
3.7 DESCRIPCIÓN DE LA FUENTE ... 11
3.8 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO ... 12
3.9 PUNTOS DE ALIMENTACIÓN EN EL PROCESO, SEGÚN CRITERIOS TÉCNICOS. 13
3.10 RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y ALIMENTACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS AL HORNO DE CLÍNKER. ... 14
3.11 SISTEMA DE CONTROL DE FUEGO Y EXPLOSIONES PARA TODAS LAS INSTALACIONES DE ACUERDO A LOS MATERIALES USADOS. ... 18
3.12 VOLÚMENES A COPROCESAR ... 19
3.12.1 Comparación de la situación actual y la situación con Coprocesamiento ... 20
3.13 TECNOLOGÍA DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN: ... 20
3.14 PUNTOS DE EMISIÓN DONDE SE REALIZA EL MONITOREO ... 23
3.15 EFICIENCIA DE LA COMBUSTIÓN ... 24
3.16 CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS PELIGROSO A COPROCESAR ... 24
3.16.1 Registro Como Prestador de Servicios ... 25
3.17 CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO ... 27
3.17.1 Composición de Los Aceites Lubricantes Usados ... 29
3.17.2 Características físicas y químicas del desecho ... 30
3.17.3 Análisis Químico del Residuo Peligroso a Coprocesar ... 30
3.18 CINÉTICA DE LA REACCIÓN Y BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA PARA EL PROTOCOLO DE PRUEBAS ... 34
3.19 EMISIONES A LA ATMÓSFERA QUE SON ESPERADAS COMO RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS ... 42
4 DISEÑO DEL MUESTREO ... 42
4.1 MUESTREO DE CORRIENTES SÓLIDAS DE PROCESO ... 43
4.2 MUESTREO DE CORRIENTES LÍQUIDAS DE PROCESO ... 44
4.3 CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS Y COMBUSTIBLES DURANTE LAS PRUEBAS ... 44
5 MUESTREO Y PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS ... 45
5.1 FLUJO VOLUMÉTRICO TASA - EPA MÉTODO 1, 2, 3A Y 4 ... 45
5.2 MATERIAL PARTICULADO Y HCL - EPA MÉTODO 5 Y 26ª ... 46
5.3 AMONIACO NH3 - EPA MÉTODO 27 ... 48
5.4 DIOXINAS Y FURANOS - EPA Método 23 ... 50
5.5 METALES - EPA método 29 ... 51
5.6 BENCENO - EPA Método 18 ... 53
5.7 SO2, NOX, CO, y COVs - EPA MÉTODOS 6C, 7E, 10 y 25A ... 53
6 DESCRIPCIÓN DE LA UBICACIÓN DE MUESTREO ... 54
6.1 HORNO F7 ... 54
7 PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD ... 55
7.1 FLUJO VOLUMÉTRICO TASA - EPA Método 1, 2, 3A y 4 ... 55
7.2 MATERIAL PARTICULADO Y HCL - EPA MÉTODO 5 Y 26A ... 56
7.3 AMONIACO NH3 - EPA MÉTODO 27 ... 57
7.4 DIOXINAS Y FURANOS - EPA Método 23 ... 58

7.5 METALES - EPA método 29 59
7.6 BENCENO - EPA Método 18 60
7.7 SO2, NOX, CO, y COV - EPA MÉTODOS 6C, 7E, 10 y 25A 61
7.8 MANEJO DE MUESTRAS Y CADENA DE CUSTODIA 61
8 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS 62
8.1 RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO Y HCl 62
8.2 RESULTADOS NH3 64
8.3 RESULTADOS DIOXINAS Y FURANOS 65
8.4 RESULTADOS DE METALES 69
8.5 RESULTADOS BENCENO 73
8.6 RESULTADOS DE THC, NOx, SO2 y CO 74
8.7 RESULTADOS DE MUESTRAS DE CORRIENTES SÓLIDAS DE PROCESO 76
8.8 RESULTADOS DE MUESTRAS DE CORRIENTES LÍQUIDAS DE PROCESO 79
9 COMPARACIÓN CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES 82
10 EFICIENCIA DE LA DESTRUCCIÓN (EDE) 83

1 DATOS GENERALES

<table>
<tr><th colspan="6">FICHA TÉCNICA</th></tr>
<tr><td>Nombre del Proyecto</td><td colspan="5">Coprocesamiento de Desechos Peligrosos en la Planta Industrial Guapán de la Unión Cementera Nacional UCEM C.E.M.</td></tr>
<tr><td>Ubicación Geográfica</td><td colspan="5">Provincia: Cañar
Cantón: Azogues
Parroquia: Guapán</td></tr>
<tr><td>Coordenadas UTM sistema WGS84</td><td colspan="5"><table><tr><th>Vértices</th><th>X</th><th>Y</th></tr><tr><td>1</td><td>739155</td><td>9698594</td></tr><tr><td>2</td><td>739113</td><td>9699154</td></tr><tr><td>3</td><td>739435</td><td>9699399</td></tr><tr><td>4</td><td>739440</td><td>9698706</td></tr></table></td></tr>
<tr><td colspan="3">Principal Actividad Productiva del Establecimiento:</td><td colspan="3">Procesamiento de Cemento</td></tr>
<tr><td colspan="2">CIIU</td><td colspan="4">C-2394</td></tr>
<tr><td colspan="2">Código CCAN</td><td colspan="4">32.7.3.1</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Datos del Proponente</td><td colspan="2">Razón Social de la Compañía Operadora:</td><td colspan="3">Unión Cementera Nacional UCEM C.E.M.</td></tr>
<tr><td colspan="2">RUC:</td><td colspan="3">1792470293001</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dirección:</td><td colspan="3">Vía a la parroquia Guapán Km 1.5 panamericana Azogues-Cañar</td></tr>
<tr><td colspan="2">Teléfono:</td><td colspan="3">(07) 2599800</td></tr>
<tr><td colspan="2">E-Mail:</td><td colspan="3">jyanqui@ucem.com.ec</td></tr>
<tr><td colspan="2">Casillero Judicial</td><td colspan="3">Casillero Judicial No. 66 de la Corte Probincial de Justicia de la Provincia de Cañar</td></tr>
<tr><td colspan="2">Representante Legal:</td><td colspan="3">Dr. Roberto Foulkes - Gerente General</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Datos del Consultor</td><td colspan="2">Consultor Responsible:</td><td colspan="3">Ing. William Clavijo Robinzón</td></tr>
<tr><td colspan="2">Registro de Consultor Ambiental</td><td colspan="3">MAE-177-CI</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Datos del Consultor Responsable</td><td>Dirección</td><td colspan="3">Calle Ernesto Albán OE7, Conjunto Rincón del Sol 4ta Etapa casa 46 Chillogallo-Palermo (Quito)</td></tr>
<tr><td>Teléfono</td><td colspan="3">(02) 3034791/ 0997793359</td></tr>
<tr><td>Email</td><td colspan="3">wclavijor@yahoo.es</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Composición del Equipo Técnico</td><td colspan="3">Nombre</td><td colspan="2">Cargo</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ing. Geólogo William Clavijo</td><td colspan="2">Consultor Ambiental Responsable-Director de Estudio-</td></tr>
</table>

		Diagnóstico Medio Físico Estructuración PMA
	Ing. Mayra Zambrano	Ing. Química - Evaluación de Monitoreos
	Ing. Stalin Clavijo	Ing Ambiental - Evaluación de Impactos - Cartografía Temática – Edición de Estudio

2 ANTECEDENTES

En atención al Oficio Nro. MAE-DPACÑ-2015-1268 de fecha 08 de diciembre de 2015, nos permitimos presentar los Resultados del Protocolo de Pruebas en el Horno F-7 de la UCEM CEM Planta Guapán, según lo establece la modalidad E (Coprocesamiento de Desechos Peligrosos) del Acuerdo Ministerial Nro. 026 publicado en el Registro Oficial No. 334, Segundo Suplemento, del 12 de mayo del 2008 y de acuerdocon lo aprobado mediante Oficio MAE-DPACÑ-2013-1132 del 20 de diciembre de 2013, para con esta aprobación, continuar con el proceso de Licenciamiento Ambiental a través del SUIA.

3 RESULTADOS PROTOCOLOS DE PRUEBA

El protocolo de pruebas fue preparado por la empresa del Grupo Analítico ABC Gamatek S.A. de CV (Monterrey, NL, México) y aprobado mediante Oficio Nro. MAE-DPACÑ-2013-1132 de fecha 20 de diciembre de 2013.

Las pruebas preoperativas, fueron realizadas por el Laboratorio CESTTA con el apoyo del laboratorio internacional SGS, Analytical Perspectives (EEUU), considerando los protocolo de pruebas (Trial Burn) aprobados y siguiendo lo establecido en el Acuerdo 026, publicado en el (Registro Oficial No. 334, el 12 de mayo del 2008) R. O. (2SP) mayo 12 No. 334 de 2008 o su sustituto.

Numeral 4.9 del Acuerdo 048: Norma Técnica de Coprocesamiento.- Para establecer límites de emisión de casos específicos del uso de desechos peligrosos como AFR, determinados por la Autoridad Ambiental competente, se podrá realizar un protocolo de pruebas (Trial Burn), en donde la línea base son los resultados de las emisiones con combustible fósil. De esta forma se determinará el nivel de emisiones asociados al proceso de cemento con el uso de combustible y/o materia prima tradicional y luego se compararán con los resultados de las emisiones con el uso de combustibles y/o materia prima alternativa. Luego se comparará ambas mediciones para verificar que el coprocesamiento de (AFR) no genere un impacto significativo en términos de emisiones.

3.1 RESUMEN DEL PROGRAMA DE PRUEBAS

El Laboratorio CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo “ESPOCH”, con apoyo del laboratorio internacional SGS, Analytical Perspectives (EEUU), realizó las pruebas de emisiones en la chimenea del Horno de la Planta Industrial Guapán de la UCEM CEM,

ubicada en la ciudad de Guapán, del 06 al 20 Agosto de 2014. Las pruebas se realizaron con el objetivo de cumplir la Norma Técnica N° 048 del Ministerio de Ambiente del Ecuador, Norma Técnica para el Coprocesamiento de Desechos Peligrosos en Hornos cementeros, los parámetros analizados son: Cloruro de hidrógeno (HCl), Óxidos de nitrógeno (NOx), Amoniaco (NH3), Dióxido de azufre (SO2), VOCs (THC), Benceno, Material Particulado, Metales pesados (Sb, As, Ni, Mn, Pb, Cr, V, Co, Cu, Cd, Tl, Hg, Zn, Se y Sn) y Dioxinas – Furanos.

3.2 INTRODUCCIÓN

Para la identificación de los desechos peligrosos que se coprocesen en la Planta Industrial Guapán y tomando en cuenta los lineamientos de la Normativa legal aplicable ecuatoriana como el Acuerdo Ministerial 026 de Ministerio del Ambiente del Ecuador, MAE, y dando cumplimiento a la Norma 048 del MAE para el Coprocesamiento de desechos peligrosos en hornos de cemento, se ha realizado este protocolo de pruebas, TBP, cuyo objetivo es obtener la Licencia Ambiental pertinente para el Coprocesamiento de desechos peligrosos por parte del Ministerio del Ambiente del Ecuador.

3.3 OBJETIVOS DE LA PRUEBA

Demostrara el cumplimiento de la Eficacia de Destrucción y Eliminación (EDE), así como el cumplimiento de las normas de funcionamiento y los límites ambientales reglamentarios de emisión (Norma Acuerdo 048), sin afectación a la calidad del producto intermedio, ni final.

3.4 LINEAMIENTOS

Los lineamientos bajo los cuales la Empresa Unión Cementera Nacional UCEM CEM., realizó el protocolo de pruebas Trial Burn Protocol, TBP, para el Coprocesamiento de desechos peligrosos en sus hornos rotatorios, están basados de acuerdo con los métodos de prueba de la EPA de Estados Unidos de Referencia, los cuales se encuentran el Código de Reglamentos Federales de EE.UU (40 CFR Parte 60, Apéndice A y 40 CFR Part 266.103), el cual se lo ha concatenado a los lineamientos del Acuerdo Ministerial 026 referentes a los protocolos de prueba.

3.5 ALCANCE DEL PROGRAMA DE PRUEBAS

La Tabla 1 proporciona un resumen de la matriz de programa de prueba. La prueba se realizó de acuerdo con la US EPA Reference Test Methods, que se encuentran en el Código de Regulaciones Federales (40 CFR Parte 60, Apéndice A) EE.UU. Cualquier desviación del método de ensayo se identifica en este informe.

Tabla 1. Matriz de Prueba		
Análisis	**Método**	**Técnica de Medición**
Ubicación de puertos	Método 1	Calibrador y cinta métrica
Velocidad	Método 2	Tubo de Pitot, Manómetro diferencial Inclinado
Oxígeno (O_2)	Método 3A	Paramagnético
Dióxido de Carbono(CO_2)	Método 3A	Infrarrojo no dispersivo (NDIR)
Humedad del Gas	Método 4	Gravimétrico
Material particulado	Método 5	Gravimétrico
Dióxido de azufre (SO_2)	Método 6C	Ultravioleta no dispersivo (NDUV)
Óxidos de nitrógeno (NO_x)	Método 7E	Ultravioleta no dispersivo (NDUV)
Monóxido de Carbono (CO)	Método 10	NDIR
Benceno	Método 18 / NIOSH 1501	Cromatografía de gases
Dioxinas y Furanos	Método 23	HRGC / HRMS
VOCs (THC)	Método 25A	Detección por ionización de llama
Cloruro de hidrógeno (HCl)	Método 26A	Cromatografía iónica
Amoniaco (NH_3)	Método 27	Cromatografía iónica
Metales (Sb, As, Ni, Mn, Pb, Cr, V, Co, Cu, Cd, Tl, Hg, Zn, Se y Sn)	Método 29	Espectrometría de absorción atómica o equivalente (ICP)

Fuente: Laboratorio CESSTA

3.6 SUPERVISIÓN DE PARÁMETROS DURANTE LA PRUEBA

En cumplimiento de los Protocolos se controlaron durante el desarrollo de las pruebas, por parte del Personal Técnico la UCEM CEM y del Laboratorio CESTTA, los parámetros que se consignan en la tabla 9-2. (De manera especial para las pruebas de dioxinas-furanos-VOCs y metales pesados volátiles). Durante estas pruebas, la Empresa Unión Cementera Nacional UCEM CEM. Utilizó una combinación de fuel oil y aceites usados.

Tabla 2 SUPERVISIÓN DE PARÁMETROS DURANTE LA PRUEBA	
Parámetro	Unidades
Temperatura de Combustión	° C
Temperatura del Gas	° C
Presión	mmHg
Porcentaje de Oxígeno	% O2
Porcentaje de Dióxido de Carbono	% CO2

Monóxido de Carbono CO	ppm
Concentración de NOX	ppm
Concentraciones de HCl	ppm
Concentraciones de partículas	ppm
Vapor de agua en los gases de escape	%
Velocidad de salida de gases de combustión	m / seg
Caudal o Flujo de los gases de salida del horno	m3/min
Porcentaje de Exceso de Aire	(% EA)
Crudo alimentación	t/h
Tasa de producción	t/h

Elaborado por Equipo Consultor WCR

A continuación se presenta modelo de control y supervisión de parámetros para las corridas de dioxinas y furanos.

Tabla 3. DIOXIN-FURAM EMISSION CALCULATIONS

DIOXIN-FURAN EMISSION CALCULATIONS

Sampling Data and Results

Plant	GUAPAN	Run	Run 1	Time Start	11:50
Test Location	Kiln F7 Stack	Date	07/08/2014		
Condition	analyzed 0% NSE con molino de crudo	Production Rate clinker,	63,1		

Meter Box Calibration (Y)	0,979	Actual Stack flow rate, m3/min	3981	BP, mm Hg	564,00
Static Pressure, (Pg) mm. H_2O	-2,20	Wet Normal Stack flow rate, Nm3/min	1743	Weight, Ms	29,23
Orifice Pressure, ΔH, mm. H_2O	37,17	Water Collected, ml	94,04	Stack Dia, m	2,16
Meter Box Temp, ° C	19	Mosture Content, %	12,73	Nozzle Dia, mm	6,2
Stack Temp, ° C	130,7	Oxygen, %	11,60	Δp, mm H_2O	15,52
Stack Pressure (Ps), mm Hg	563,84	Carbon Dioxide, %	15,00	Velocity, m/sec	18,11
V, Nm3	0,859	Weight, Md	30,86	Isokinetic, %	99,7

TEQ and Total Emissions Results

		TEF Factors	pg	EMPC	ng/ m^3	TEQ without EMPC	TEQ with EMPC
2,3,7,8 TCDD	tcdd	1	(1.89)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDD	pecdd	0,5	(1.88)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDD	hxcdd	0,1	(1.89)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8 HxCDD	hxcdd	0,1	(1.79)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9 HxCDD	hxcdd	0,1	(2.01)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	hpcdd	0,01	(3.16)	-	0,000000	0,000000	0,000000
OCDD	ocdd	0,001	(5.2)	-	0,000000	0,000000	0,000000
Total						**0,000000**	**0,000000**
2,3,7,8 TCDF	tcdf	0,1	(1.68)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDF	pecdf	0,05	(1.26)	-	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,7,8 PeCDF	pecdf	0,5	(1.37)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDF	hxcdf	0,1	(1.34)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8 HxCDF	hxcdf	0,1	(1.22)	-	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,6,7,8 HxCDF	hpcdf	0,1	(1.32)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9 HxCDF	hpcdf	0,1	(1.89)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	hpcdf	0,01	(1.75)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	hpcdf	0,01	(2.99)	-	0,000000	0,000000	0,000000
OCDF	ocdf	0,001	(7.85)	-	0,000000	0,000000	0,000000
Total						**0,000000**	**0,000000**

Total Dioxin-Furan Emissions

	Pg	EMPC	ng/M^3 without EMPC	ng/M^3 with EMPC
Total TCDD	12,6	-	0,014663	0,014663
Total PeCDD	0	-	0,000000	0,000000
Total HxCDD	0	-	0,000000	0,000000
Total HpCDD	0	-	0,000000	0,000000
Total OCDD	0	-	0,000000	0,000000
Total			**0,014663**	**0,014663**
Total TCDF	16,4	-	0,019085	0,019085
Total PeCDF	1,4	-	0,001629	0,001629
Total HxCDF	0	-	0,000000	0,000000
Total HpCDF	0	-	0,000000	0,000000
Total OCDF	0	-	0,000000	0,000000
Total			0,020714	0,020714

Results

Emissions	ng/m3 @ 7% O2
Dioxin TEQ w/EMPC	0,000000
Furan TEQ w/EMPC	0,000000
ToTal TEQ w/EMPC	0,000000
Dioxin TEQ w/o EMPC	0,000000
Furan TEQ w/o EMPC	0,000000
ToTal TEQ w/o EMPC	**0,000000**
Total Dioxins w/EMPC	0,021915
Total Furans w/EMPC	0,030960
Total w/EMPC	0,052875
Total Dioxins w/oEMPC	0,021915
Total Furans w/o EMPC	0,030960
Total w/o EMPC	0,052875

Fuente: Laboratorio CESSTA

Tabla 4. DIOXIN-FURAM EMISSION CALCULATIONS

DIOXIN-FURAN EMISSION CALCULATIONS

Sampling Data and Results

Plant	GUAPAN	Run	Run 1	Time Start	9:30
Test Location	Kiln F7 Stack	Date	19/08/2014		
Condition	analyzed 100% NSE con molino de crudo	Production Rate clinker,	63,1		

Meter Box Calibration (Y)	0,979	Actual Stack flow rate, m3/min	4204	BP, mm Hg	564,00
Static Pressure, (Pg) mm. H_2O	-10,00	Wet Normal Stack flow rate, Nm3/min	1818	Weight, Ms	29,21
Orifice Pressure, ΔH, mm. H_2O	40,17	Water Collected, ml	86,91	Stack Dia, m	2,16
		Mosture Content, %	12,24	Nozzle Dia, mm	6,2
Meter Box Temp, ° C	15,9			Δp, mm H_2O	16,98
Stack Temp, ° C	137,5	Oxygen, %	11,93		
Stack Pressure (Ps), mm Hg	563,3	Carbon Dioxide, %	14,36	Velocity, m/sec	19,12
V, Nm3	0,831	Weight, Md	30,77	Isokinetic, %	92,4

TEQ and Total Emissions Results

		TEF Factors	pg	EMPC	ng/ m^3	TEQ without EMPC	TEQ with EMPC
2,3,7,8 TCDD	tcdd	1	(2.06)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDD	pecdd	0,5	(2.48)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDD	hxcdd	0,1	(1.99)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8 HxCDD	hxcdd	0,1	(2.14)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9 HxCDD	hxcdd	0,1	(2.24)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	hpcdd	0,01	(2.82)	-	0,000000	0,000000	0,000000
OCDD	ocdd	0,001	9,36	-	0,011265	0,000011	0,000011
Total						**0,000011**	**0,000011**
2,3,7,8 TCDF	tcdf	0,1	(1.61)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDF	pecdf	0,05	(1.26)	-	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,7,8 PeCDF	pecdf	0,5	(1.3)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDF	hxcdf	0,1	(1.65)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8 HxCDF	hxcdf	0,1	(1.51)	-	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,6,7,8 HxCDF	hpcdf	0,1	(1.44)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9 HxCDF	hpcdf	0,1	(2.14)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	hpcdf	0,01	(2.35)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	hpcdf	0,01	(2.93)	-	0,000000	0,000000	0,000000
OCDF	ocdf	0,001	(6.75)	-	0,000000	0,000000	0,000000
Total						**0,000000**	**0,000000**

Total Dioxin-Furan Emissions

	Pg	EMPC	ng/M^3 without EMPC	ng/M^3 with EMPC	**Results** Emissions	ng/m3 @ 7% O2
Total TCDD	0	-	0,000000	0,000000	Dioxin TEQ w/EMPC	0,000017
Total PeCDD	0	-	0,000000	0,000000	Furan TEQ w/EMPC	0,000000
Total HxCDD	0	-	0,000000	0,000000	ToTal TEQ w/EMPC	0,000017
Total HpCDD	0	-	0,000000	0,000000	Dioxin TEQ w/o EMPC	0,000017
Total OCDD	9,36	-	0,011265	0,011265	Furan TEQ w/o EMPC	0,000000
Total			**0,011265**	**0,011265**	**ToTal TEQ w/o EMPC**	**0,0000175**
Total TCDF	0	-	0,000000	0,000000	Total Dioxins w/EMPC	0,017457
Total PeCDF	0	-	0,000000	0,000000	Total Furans w/EMPC	0,000000
Total HxCDF	0	-	0,000000	0,000000	Total w/EMPC	0,017457
Total HpCDF	0	-	0,000000	0,000000	Total Dioxins w/oEMPC	0,017457
Total OCDF	0	-	0,000000	0,000000	Total Furans w/o EMPC	0,000000
Total			0,000000	0,000000	Total w/o EMPC	0,017457

Fuente: Laboratorio CESSTA

Tabla 5. DIOXIN-FURAM EMISSION CALCULATIONS

DIOXIN-FURAN EMISSION CALCULATIONS

Sampling Data and Results

Plant	GUAPAN	Run	Run 1	Time Start	13:30
Test Location	Kiln F7 Stack	Date	20/08/2014		
Condition	analyzed 100% NSE sin molino de crudo M1	Production Rate clinker,	63,1		

Meter Box Calibration (Y)	0,979	Actual Stack flow rate, m3/min	3397	BP, mm Hg	564,00
Static Pressure, (Pg) mm. H_2O	-7,00	Wet Normal Stack flow rate, Nm3/min	1325	Weight, Ms	29,12
Orifice Pressure, ΔH, mm. H_2O	22,75	Water Collected, ml	150,17	Stack Dia, m	2,16
Meter Box Temp, ° C	22,8	Mosture Content, %	16,64	Nozzle Dia, mm	6,2
Stack Temp, ° C	159,5	Oxygen, %	9,12	Δp, mm H_2O	10,50
Stack Pressure (Ps), mm Hg	563,5	Carbon Dioxide, %	18,58	Velocity, m/sec	15,45
V, Nm3	1,003	Weight, Md	31,34	Isokinetic, %	102,0

TEQ and Total Emissions Results

		TEF Factors	pg	EMPC	ng/ m^3	TEQ without EMPC	TEQ with EMPC
2,3,7,8 TCDD	tcdd	1	(1.41)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDD	pecdd	0,5	(1.45)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDD	hxcdd	0,1	(1.48)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8 HxCDD	hxcdd	0,1	(1.59)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9 HxCDD	hxcdd	0,1	(1.74)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	hpcdd	0,01	3,33	-	0,003320	0,000033	0,000033
OCDD	ocdd	0,001	15,7	1	0,015655	0,000000	0,000016
Total						**0,000033**	**0,000049**
2,3,7,8 TCDF	tcdf	0,1	(1.65)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDF	pecdf	0,05	(1.23)	-	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,7,8 PeCDF	pecdf	0,5	(1.29)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDF	hxcdf	0,1	(1.35)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8 HxCDF	hxcdf	0,1	(1.25)	-	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,6,7,8 HxCDF	hpcdf	0,1	(1.13)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9 HxCDF	hpcdf	0,1	(1.71)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	hpcdf	0,01	(1.51)	-	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	hpcdf	0,01	(2.19)	-	0,000000	0,000000	0,000000
OCDF	ocdf	0,001	(5.03)	-	0,000000	0,000000	0,000000
Total						**0,000000**	**0,000000**

Total Dioxin-Furan Emissions

	Pg	EMPC	ng/M^3 without EMPC	ng/M^3 with EMPC
Total TCDD	2,64	-	0,002632	0,002632
Total PeCDD	0	-	0,000000	0,000000
Total HxCDD	0	-	0,000000	0,000000
Total HpCDD	3,33	-	0,003320	0,003320
Total OCDD	0	-	0,000000	0,000000
Total			**0,005953**	**0,005953**
Total TCDF	0	-	0,000000	0,000000
Total PeCDF	0	-	0,000000	0,000000
Total HxCDF	0	-	0,000000	0,000000
Total HpCDF	0	-	0,000000	0,000000
Total OCDF	0	-	0,000000	0,000000
Total			0,000000	0,000000

Results

Emissions	ng/m3 @ 7% O2
Dioxin TEQ w/EMPC	0,000058
Furan TEQ w/EMPC	0,000000
ToTal TEQ w/EMPC	0,000058
Dioxin TEQ w/o EMPC	0,000039
Furan TEQ w/o EMPC	0,000000
ToTal TEQ w/o EMPC	**0,0000392**
Total Dioxins w/EMPC	0,007024
Total Furans w/EMPC	0,000000
Total w/EMPC	0,007024
Total Dioxins w/oEMPC	0,007024
Total Furans w/o EMPC	0,000000
Total w/o EMPC	0,007024

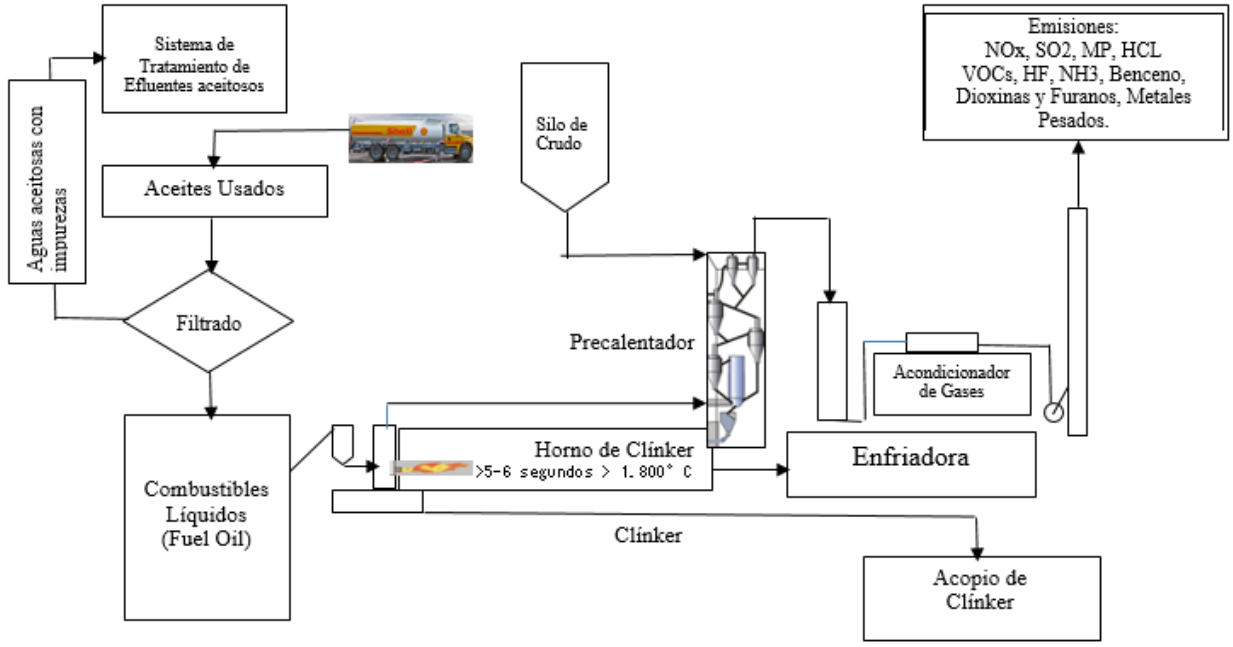
Fuente: Laboratorio CESSTA

3.7 DESCRIPCIÓN DE LA FUENTE

Tabla 6. Descripción de la Fuente	
Características	**Horno F-7 GUAPÁN**
Tipo	Horno con precalentador de 4 etapas
Proceso	Seco
Dimensiones	58 m de largo por 4,11 m de diámetro
Capacidad	1.100 Ton/d
Diámetro	2,20 m
Altura de Chimenea	38 m
Combustible	Crudo residual + Aceite Usado+ Lodos residuales
Potencia Nominal Térmica	57,6 Gcal / h
Poder Calorífico Combustibles	8900 Kcal./Kg
Consumo de combustible	890 Kcal./Kg clínker
Temperatura del material	1.300 °C
Temperatura de la llama	1.500 °C
Abatimiento de emisiones	Filtro de mangas 10 cámaras
Tiempo de residencia del gas de combustión de diseño: Nº [segundos]	5 a 10 seg
Tasa de producción	42 t/h

Fuente UCEM CEM Elaborado: Por WCR Consultoría Ambiental

Fig. 1 Diagrama de flujo de las operaciones de coprocesamiento y los puntos donde se generarán emisiones a la atmósfera, descargas de agua contaminada, subproductos, desechos.



3.8 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

Las características de operación del horno de la UCEM CEM Planta Industrial Guapán, permiten una efectiva neutralización y destrucción de los potenciales contaminantes atmosféricos. Las condiciones de operación son:

- Altas temperaturas (superiores a 1300ºC para el material y a 1500ºC para la llama)
- Alta turbulencia de los gases
- Atmósfera oxidante alcalina
- Alta inercia y estabilidad térmica (evita los riesgos de bajadas bruscas de temperaturas durante períodos de tiempos cortos).
- Alta absorción de metales pesados dentro de la estructura cristalina del clínker.
- Largos tiempos de residencia dentro del horno
- Proceso en contracorriente, que permite que la mayor parte de los elementos químicos que puedan ser arrastrados por los gases, condensen sobre la materia prima que ingresa al horno.
- No genera residuos ya que las cenizas son incorporadas al clínker
- Poseen sistemas de acondicionamiento de gases (enfriamiento por agua atomizada) previo a su ingreso a los precipitadores electrostáticos o filtros de mangas.
- El horno de la Planta Guapán, posee un sistema de filtro de mangas como equipo de control de emisiones de material particulado.

- El Proceso posee un sistema de supervisión automático para el monitoreo y control operacional.

Estas características hacen posible la neutralización y fijación de cualquier compuesto ácido, lo que junto con el proceso de clinkerización (mediante el cual quedan atrapados los metales pesados en los cristales del clínker[1] las altas temperaturas de trabajo y los altos tiempos de residencia, permiten ofrecer plenas garantías en cuanto a la eficacia de la encapsulación en el cemento de los componentes contaminantes.

La zona de clinkerización, situada en la parte más baja del horno rotatorio, y donde se encuentra el quemador principal. En esta zona, la temperatura de la llama supera los 2000 ºC (los gases de combustión se mantienen a más de 1200ºC, durante un tiempo superior a 5 segundos). En una atmósfera oxidante. En este punto la temperatura del material alcanza los 1400ºC.

3.9 PUNTOS DE ALIMENTACIÓN EN EL PROCESO, SEGÚN CRITERIOS TÉCNICOS.

Los combustibles alternativos serán descargados desde los tanqueros, a los tanques de almacenamiento en forma directa. El combustible de los tanques de almacenamiento será llevado a los hornos de clínker mediante un sistema de tuberías con intercambiadores de calor a vapor para poder disminuir la viscosidad del combustible y optimizar el uso del sistema de bombeo e inyectores.

Áreas de Descarga de Combustibles

[1] El alto contenido de álcalis y el ambiente turbulento (que actúa como un scrubbers) que se produce al interior de los hornos rotatorios, favorece la retención de los metales pesados y cloruro dentro del clínker. Las mediciones indican que menos del 0,1% de los metales refractarios y menos del 0,5% de los metales semi-volátiles que entran al horno, son liberados a la atmósfera. Los metales volátiles (mercurio y talio) permanecen parcialmente en los gases de salida, razón por la cual, estos son limitados a la entrada de los hornos" (Guidance for the Cement and lime Sector, Integrated Pollution and Prevention Control IPPC, Reino Unido 2001).

3.10 RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y ALIMENTACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS AL HORNO DE CLÍNKER.

El Proyecto no requerirá de nuevas superficies e instalaciones ya que se llevará a cabo dentro del predio industrial actual de la planta, donde se utilizará la infraestructura y procesos que existentes en la planta.

La Empresa Unión Cementera Nacional UCEM CEM cuenta con un área de almacenamiento principal de combustible, utilizado para el proceso de calentamiento del horno rotatorio de la planta de procesamiento de cemento. En esta área se realizará el almacenamiento de los combustibles alternativos AFR (aceites usados y/o cualquier desecho líquido que tenga suficiente poder calórico para definirlo como combustible alterno), en dos tanques metálico con capacidad de almacenamiento de 70.000 galones c/u.

Todos los tanques cuentan con pararrayos para protección de descargas eléctricas atmosféricas y conexiones a tierra.

Los tanques están rodeados con diques y cubetos de hormigón armado con el 110% de la capacidad máxima contenida en dichos tanques, con la finalidad de contener cualquier derrame o fuga que pueda producirse. Los cubetos de los tanques están conectados a las cunetas periféricas, que transportan las aguas aceitosas de toda la planta a las piscinas de decantación y separación de los aceites y combustibles para su tratamiento posterior. Las escalerillas para trabajos de operación y mantenimiento sobre los tanques cuentan con la debida protección para el ascenso y descenso del personal.

En esta área, se han ubicado hidrantes y extintores tipo carrete, así como el equipo necesario para combatir cualquier conato de incendio que pueda producirse.

La transferencia de combustibles desde los tanques principales a los de uso diario, se da mediante bombas eléctricas y tuberías conectadas entre sí. Estas instalaciones y demás equipamiento, están correctamente montados, aterrados y señalizados, lo que garantiza una mayor seguridad para las instalaciones y personal que labora en la planta. Para la seguridad del personal que realiza actividades sobre los tanqueros que transportan el combustible, se ha montado una “cadena de vida”.

Horno Rotatorio

Torres de precalentamiento

Plano del Área de Almacenamiento de Desechos Peligrosos a Ser Coprocesados

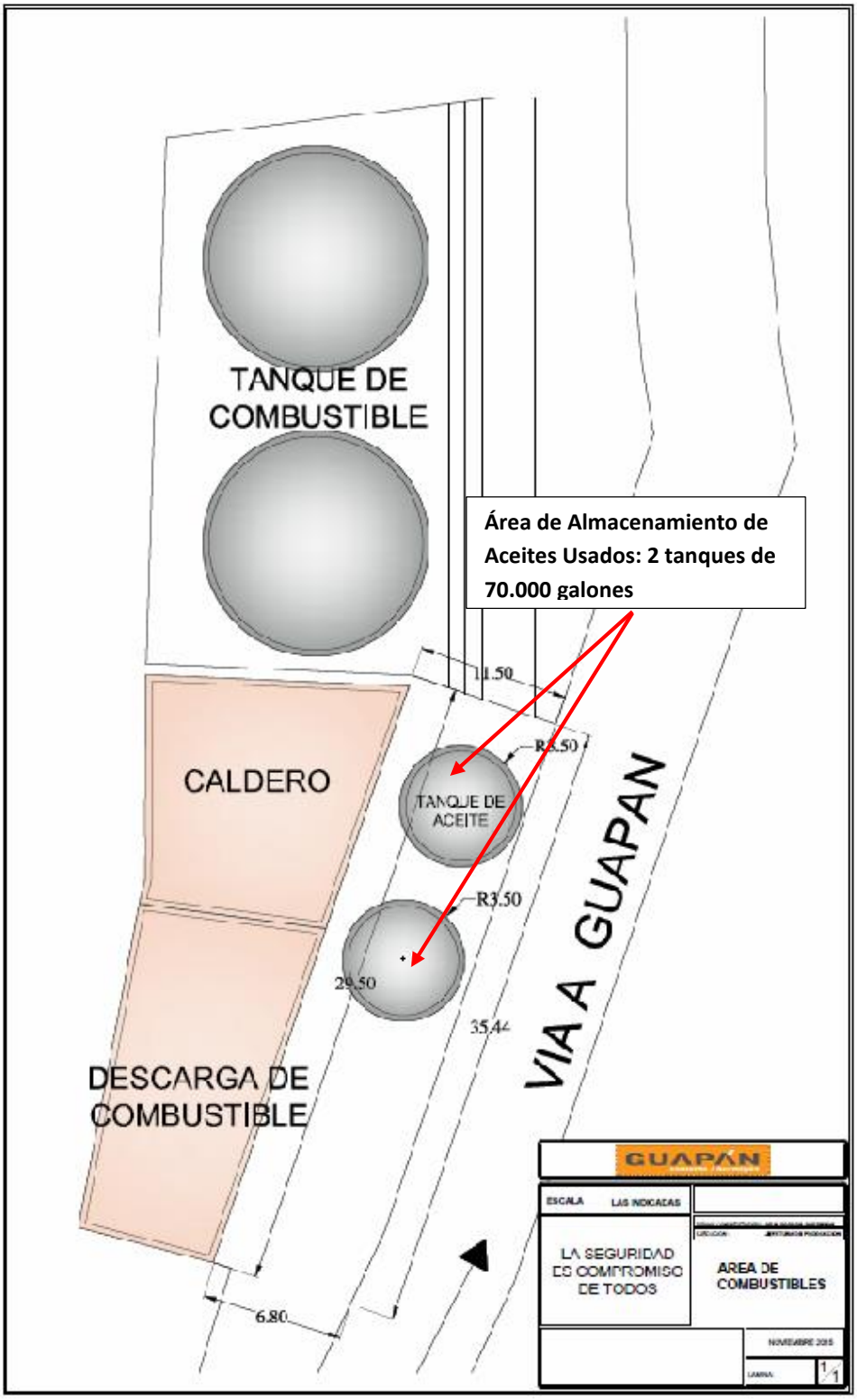
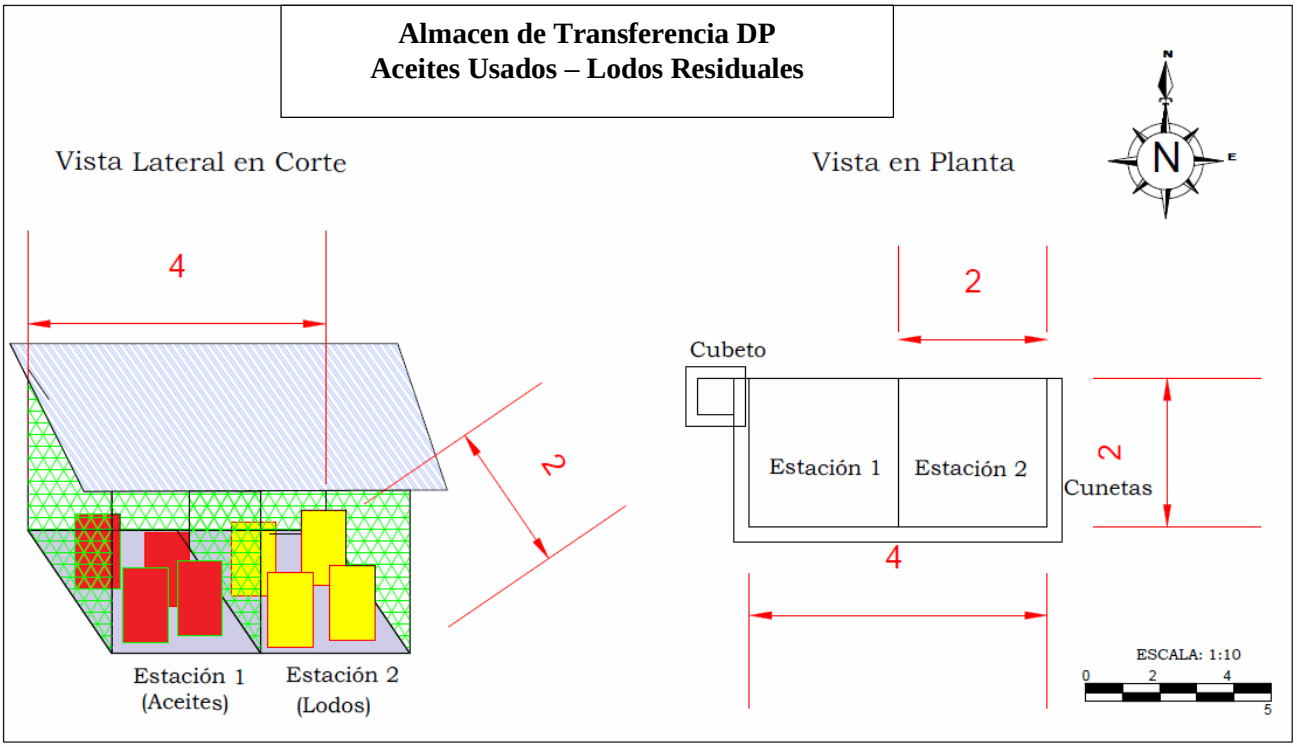


Foto del Área de Almacenamiento Aceites Usados



Almacén de Transferencia de Desechos Peligrosos (Aceites Usados, lodos residuales)

3.11 SISTEMA DE CONTROL DE FUEGO Y EXPLOSIONES PARA TODAS LAS INSTALACIONES DE ACUERDO A LOS MATERIALES USADOS.

Se tienen extintores contra incendios, portátiles y de carretón Tipo ABC de PQS y CO_2, de diferentes capacidades, estratégicamente colocados, señalizados, y en la cantidad adecuada para prevenir cualquier conato de incendio que se pueda presentar.

Para asegurar la operación los extintores se llevan controles mensuales, los que son registrados en las tarjetas de cada extinguidor.

La empresa UCEM CEM Planta Industrial Guapán, cuenta con un moderno y completo sistema contra incendios integrados a toda su planta cementera Guapán, que incluye al área de clinkerización y su área de almacenamiento de combustibles y aceites. El sistema cuenta con hidrantes y casetas equipadas con materiales de combate de incendios, sistemas de rociadores automáticos, Sistema diluvio, sistema pre acción, tanque de agua, cumpliendo con los estándares establecidos por la NFPA

Extintor en área de tanques de Aceites Usados

Sala de Bombas del Sistema contra Incendio integrado a toda la Planta

Extintores en área de Coprocesamiento

3.12 VOLÚMENES A COPROCESAR

La capacidad de almacenamiento máximo de AFRs a co-procesar será de 9.000 gls/día

La cantidad esperadas máxima de entrega mensual será 270.000 gls

3.12.1 Comparación de la situación actual y la situación con Coprocesamiento

Tabla 7. Comparación de la situación actual y la situación con Coprocesamiento

Actividad o Proceso	Situación Actual	Situación con Proyecto
Utilización combustibles alternativos	< 0.5 % aceite usado	< 30 % aceite usado y otros desechos peligrosos
Caracterización de combustibles	Se caracteriza parámetros en el fuel oil o crudo residual de manera mensual	Se controlará los mismos parámetros que se ensayan en el fuel oil de manera mensual
Proveedores (origen) de los combustibles alternativos	Aceite usado y lodos residuales generado internamente por UCEM	Aceite usado o residuos de hidrocarburos generados por empresas industriales que deseen realizar una adecuada disposición de sus desechos

El coprocesamiento consiste en la quema conjunta de combustibles fósiles tradicionales con combustibles alternativos AFR´s. La sustitución del combustible será dependiente de la existencia de combustible alternativo, se mantendrá una relación máxima de fuel oil-aceite usado de 30 % en aceite usado o residuos de hidrocarburos.

En la actualidad no existe oferta del aceite usado que permita operar por periodos prolongados con los niveles de sustitución indicados, el límite de 30 % se justifica para absorber la necesidad de disponer de grandes cantidades de aceite usado que puedan generarse puntualmente o que sean parte del pasivo ambiental del país, y como forma de establecer un nivel de sustitución autorizado sostenible con el tiempo.

3.13 TECNOLOGÍA DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN:

En las condiciones de combustión descritas, los compuestos orgánicos contenidos en los residuos son destruidos, dando como resultado la formación de CO2 y H2O. La energía liberada en la combustión se aprovecha en el proceso de fabricación de clínker.

En el caso de que el residuo contenga cloro o azufre, la combustión generará gases ácidos como el cloruro de hidrógeno y el óxido de azufre. Estos gases son neutralizados y absorbidos por la materia prima, de naturaleza alcalina. Las sales inorgánicas formadas se incorporan al clínker.

Los metales, igual que ocurre con todos los demás elementos químicos, no se destruyen en los hornos industriales. Los metales incorporados al horno de cemento a través de las materias primas o de los combustibles estarán presentes en el clínker o en las emisiones a la atmósfera.

Los numerosos estudios realizados sobre el comportamiento de los metales han demostrado que son retenidos mayoritariamente en el clínker. Salvo para metales relativamente volátiles como el mercurio y el talio, la retención alcanza cifras muy próximas al 100%, lo que garantiza que los metales emitidos a la atmósfera respetan rigurosamente los límites de emisión más estrictos.

Por otra parte, los combustibles alternativos pueden aportar minerales que contribuyan a formar los compuestos del clínker.
Rendimiento: Alto: se emplea energía térmica

Emisiones Atmosféricas: No cambian siempre que se controle el contenido de cloro y metales volátiles (Hg, Tl).

Aguas residuales: No se generan aguas residuales

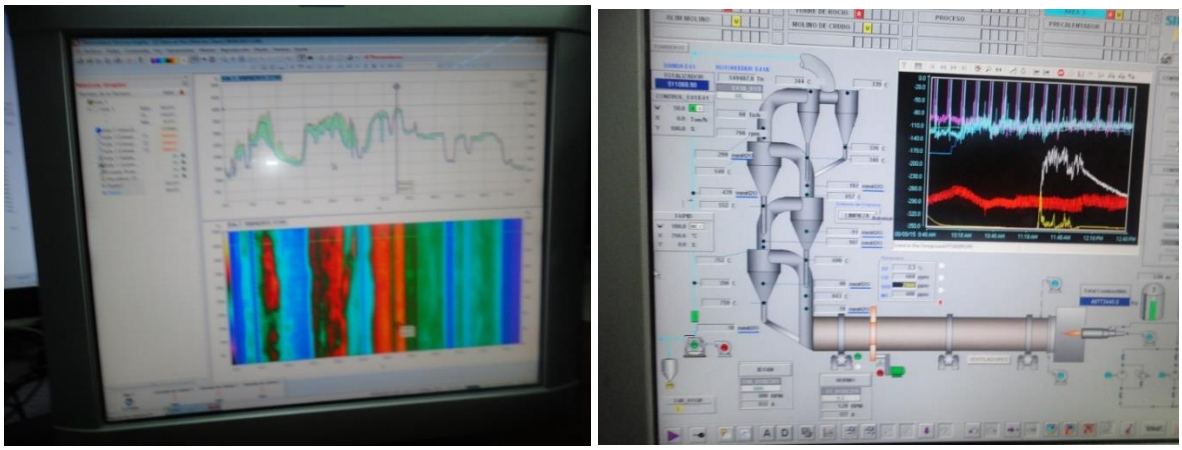
Residuos sólidos: No se generan: los metales se combinan con el clínker

El horno de clínker de la UCEM CEM en su Planta Industrial Guapán, posee un sistema de supervisión automático para el monitoreo y control operacional del proceso, que hacen posible su operación a través una sala de control, donde se reciben y registran todas las variables involucradas en la producción de clínker en tiempo real, pudiendo ser almacenadas en impresiones gráficas.

Sala de Control

El horno cuenta con un sistema de supervisión mediante el cual se monitorean las condiciones de operación requeridas para el uso de combustibles alternativos dentro de las cuales se destacan:

La temperatura de clinkerización
Niveles de oxígeno y CO de los gases de combustión de salida del horno
Temperatura de gases.
Alimentación de crudo al horno
Funcionamiento de los quemadores principales.



Pantallas de Supervisión y Control de parámetros Operativos

Estos parámetros aseguran que la alimentación de combustibles alternativos se realice bajo condiciones estables del horno sin afectar la calidad del producto final; permitiendo el cumplimiento de la norma de coprocesamiento, protegiendo la integridad de las personas e instalaciones; y optimizando el uso de la energía en la producción de clínker.

Para cumplir con los objetivos antes mencionados, se cuenta además con sistemas de control de fallas (alarmas) y sistemas preventivos de las mismas. El horno posee analizadores de gases en línea para el control del proceso. Además cuenta con sensores de temperatura y presión, ubicados estratégicamente en posiciones que permiten el total control del proceso y al igual que los sensores de gases, la posibilidad de tomar acciones correctivas inmediatas en caso que la operación se desvíe de su condición de estabilidad o normalidad.

Sistema de Filtro de Mangas

Los gases del proceso de molienda de crudo como los del proceso de clinkerización es realizado por un Filtro B.H.A de 10 cámaras totalmente independientes, que incluso se puede realizar mantenimiento de una de ellas en plena operación, cada cámara cuenta con 182 mangas de fibra de vidrio con recubrimiento de teflón que garantiza las emisiones al ambiente.

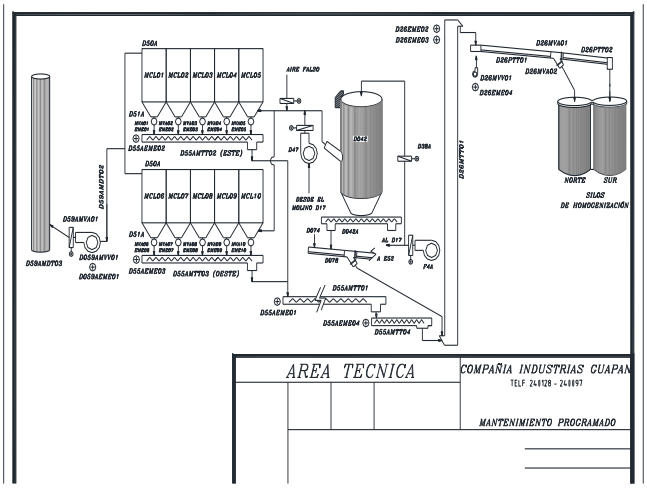


Fig.13. Esquema Filtros de Manga

3.14 PUNTOS DE EMISIÓN DONDE SE REALIZA EL MONITOREO

La Empresa Unión Cementera Nacional UCEM CEM dispone en las chimenea de salida de emisiones gaseosas de su horno rotatorio de clínker, de los puertos de muestreo y puntos de medición, los cuales cumplen con lo estipulado en el Art. 4.6.2.1 del Acuerdo Ministerial 061 Anexo 3 LIBRO VI DE LA CALIDAD AMBIENTAL. Norma de Emisiones al Aire desde Fuentes Fijas. La Chimenea posee una plataforma de 360° habilitada para muestreo. Existen 4 puertos de muestreo, no obstante 2 de ellos se encuentran ocupados por el Opacímetro (sensor de monitoreo de partículas) FILTER SENSE PM100 PRO: Particulate Monitoring and Filter Leak Detection. Y uno de ellos se encuentra muy cercano a una banda de transporte cercana.

Chimenea con plataforma de trabajo y puertos de muestreo

Vistas Panorámica de la Planta

3.15 EFICIENCIA DE LA COMBUSTIÓN

Se realiza en términos de CO-CO_2.

$$EC = \frac{CO_2}{[CO2 + CO]}$$

En concentraciones o masas de CO_2 y CO. Si CO = 0 → EC = 100%.

La legislación obliga a un CE > a 99,9 %

Para el presente protocolo de pruebas preoperativas, se cumple esta condición ya que como se puede apreciar en la hoja de registro de la página anterior el % de CO durante todas las corridas de prueba fue igual a 100%.

3.16 CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS PELIGROSO A COPROCESAR

En este Ítem, se quiere suministrar información con respecto a los desechos peligrosos a coprocesar especialmente aceites lubricantes usados, solventes, resinas, pinturas y materiales contaminados con hidrocarburos, Acorde al Listado Nacionales de Desechos Peligrosos del Acuerdo No. 142 y a las especificaciones y requerimientos del Acuerdo 026.

3.16.1 Registro Como Prestador de Servicios

Modalidad de manejo para la cual se pretende prestar el servicio: **SGD-SM-COP-01**

Tabla 8. MODALIDAD DE MANEJO DE DESECHOS

NOMBRE DE DESECHO DE ACUERDO A LISTADO NACIONAL DE DESECHOS	CÓDIGO	CLAVE DE MANEJO DE DESECHO
Aceites minerales usados o gastados	NE-03	CP1
Lodos de aceite	NE-36	CP1

Tabla 9. GENERACIÓN DE DESECHOS

NOMBRE DE DESECHO DE ACUERDO A LISTADO NACIONAL DE DESECHOS (1)	CLAVE (2)	CATEGORIA (3)	NOMBRE DE EMPRESA GENERADORA	NO. REGISTRO DE EMPRESA GENERADORA
Aceites minerales usados o gastados	NE-03	O1	Unión Cementera Nacional UCEM CEM	MA-01-13-DPACÑ-016
			Otros gestores que cuenten con los permisos y licencias ambientales otorgados por el MAE	ND
Lodos de aceite	NE-36	L7	Unión Cementera Nacional UCEM CEM	MA-01-13-DPACÑ-016

Tabla 10. RECEPCION DEL DESECHO PELIGROSO

NOMBRE DE DESECHO DE ACUERDO A LISTADO NACIONAL DE DESECHOS (1)	CLAVE (2)	NOMBRE DE LA EMPRESA PRESTADORA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE	LICENCIA DE EMPRESA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE
Aceites minerales usados o gastados	NE- 03	FINOCHI	Resolución 518
		Otros gestores que cuenten con los permisos y licencias ambientales otorgados por el MAE	ND
Lodos de aceite	NE- 36	FINOCHI	Resolución 518
		Otros gestores que cuenten con los permisos y licencias ambientales otorgados por el MAE	ND

Tabla 11. ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE DESECHOS PELIGROSOS							
IDENTIFICACION DE ALMACEN	CLAVE DEL DESECHO (2)	ALMACENAMIENTO					
		Características del almacén (8)				Capacidad total por almacén	
		Local(8.1)	Material(8.2)	Ventilación (8.3)	Iluminación (8.4)	Cantidad	Unidad (4)
	NE-03	LC	NI	VN	IN	280*	3
	NE-36	LC	NI	VN	NE	22,71	3

3 = metro cúbico

* Tanque metálico cerrado de recepción de aceites usados (70.000 galones)

Tabla 12. ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE DESECHOS PELIGROSOS						
IDENTIFICACION DE ALMACEN	CUENTA CON FOSAS DE RETENCIÓN O MUROS DE CONTENCIÓN	CAPACIDAD DE FOSAS DE RETENCIÓN DE DERRAMES	CUENTA CON TRINCHERAS O CANALETAS PARA CONDUCIR DERRAMES	CUENTA CON SISTEMAS DE EXTINCIÓN DE INCENDIO	CUENTA CON SEÑALAMIENTOS Y LETREROS DE COMUNICACIÓN DE RIESGOS	CUENTA CON SISTEMA DE DETECCION Y ALARMA
PLANTA INDUSTRIAL (Tanque metálico)	SI	100% VOLUMEN	SI	SI	SI	N/A
PLANTA INDUSTRIAL (Depósito temporal)	SI	100% VOLUMEN	SI	SI	SI	N/A

Tabla 13. Características Almacen				
Tipo de almacén (marcar con X)		Dimensiones (m)		
Cerrado	x	Largo: 4	Ancho: 2	Altura: 4
Cerrado	X	Tanque Metálico	70.000 Gal*	

* Tanque con capacidad de 70.000 galones o 318.2264 m3

Tabla 14. MÉTODOS DE MANEJO DEL DESECHO PELIGROSO				
IDENTIFICACIÓN DEL RESIDUO	MÉTODO DE MANEJO DE DESECHO PELIGROSO			
CLAVE DEL DESECHO	CLAVE DE CLASIFICACION DE MANEJO (10)	CLAVE DEL TIPO DE MANEJO (9)	CAPACIDAD	
			CANTIDAD	UNIDAD (3)
NE-03	CO	CP1	280	1
NE-36	CO	CP1	20	1

1 = Tonelada

No se generan de desechos peligrosos debido a las operaciones por la prestación del servicio

Tabla 15. DISPOSICIÓN FINAL						
CLAVE DEL DESECHO	ORIGEN DEL DESECHO		UBICACIÓN DEL SITIO DE DISPOSICION FINAL		NOMBRE DEL SITIO DE DISPOSICIÓN	COORDENADAS GEOGRAFICAS UTM
	PROVINCIA	CANTÓN	PROVINCIA	CANTON		WGS 84
NE-03	Nacional		Cañar	Azogues	Planta Industrial Guapán	E 739155 N 9698594
NE-36	Nacional		Cañar	Azogues	Planta Industrial Guapán	E 739155 N 9698594

3.17 CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO

Aceites minerales usados o gastados: Todos los aceites con base mineral que se hayan vuelto inadecuados para el uso que se les hubiere asignado inicialmente.

Después de su uso, el aceite lubricante adquiere concentraciones elevadas de metales pesados producto principalmente del desgaste del motor o maquinaría que lubricó y por contacto con combustibles. Además, se encuentran con frecuencia solventes clorados en los aceites usados, provenientes del proceso de refinación del petróleo, principalmente por contaminación durante el uso (reacción del aceite con compuestos halogenados de los aditivos) o por la adición de estos solventes por parte del generador. Dentro de los solventes que principalmente figuran son tricloroetano, tricloroetileno y percloroetileno. La presencia de solventes clorados, junto con altas concentraciones de algunos metales pesados constituyen la principal preocupación de los aceite usados.

Los aceites lubricantes sufren una descomposición luego de cumplir con su ciclo de operación y por esto es necesario reemplazarlos. Después del uso de un aceite queda hollín en el interior, éste es una parte de hidrocarburo parcialmente quemado que existe como partícula individual en el aceite, los tamaños de estas partículas varían de 0.5 a 1.0 micras y generalmente se encuentran muy dispersas por lo cual es muy difícil filtrarlas.

Durante la combustión en el interior de los motores algunos materiales en el combustible, como el sulfuro, pueden convertirse en ácidos fuertes, éstos se condensan en las paredes del cilindro llegando al aceite, el cual transporta los ácidos a las paredes de los cilindros y desgastan estas piezas metálicas.

La descomposición de los aceites de motor se debe especialmente a una reacción de oxidación. La oxidación de los hidrocarburos en fase liquida algunas veces es una reacción de radicales en cadena. Esta reacción se muestra en la Figura 1.

$$R^{\cdot} + O_2 \rightarrow ROO^{\cdot}$$
$$ROO^{\cdot} + R - X \rightarrow R^{\cdot} + ROOH$$

Figura 1. Reacción de oxidación de los hidrocarburos en el aceite.

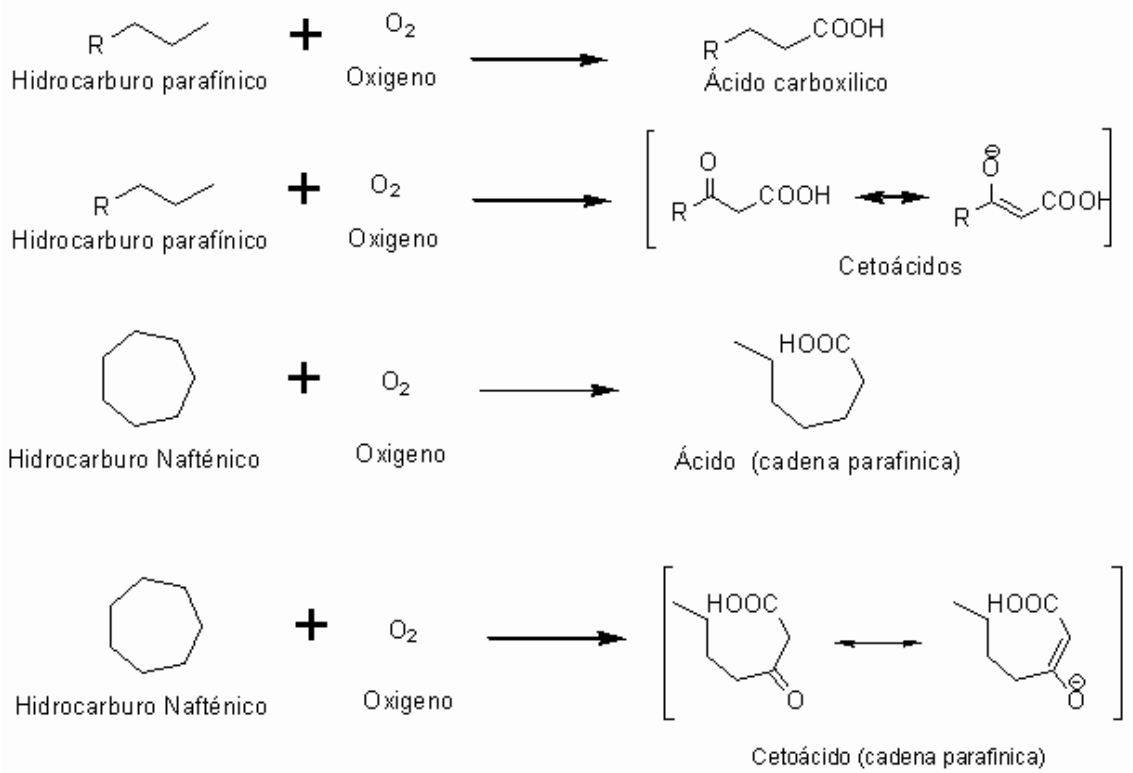
La reacción no se inicia hasta pasado un cierto periodo de inducción el cual corresponde al intervalo necesario para la formación de los peróxidos, que actúan como catalizadores, durante éste periodo la oxidación del aceite es muy débil.

En el motor la oxidación se produce de forma muy rápida, en particular por la elevada temperatura que alcanzan las piezas próximas a la cámara de combustión.

Los hidrocarburos parafínicos se oxidan por los extremos de la cadena formando ácidos o cetoácidos corrosivos (pasando por los correspondientes productos intermedios).
Con los hidrocarburos nafténicos se rompe la cadena y ocurre un proceso análogo al de los hidrocarburos parafínicos.

Los hidrocarburos aromáticos se oxidan con más facilidad que los parafínicos y los nafténicos, a causa de la sensibilidad del hidrogeno unido a un carbono de una cadena lateral próxima al ciclo aromático.

La Figura 2. Muestra las reacciones que ocurren en los hidrocarburos parafínicos y en los nafténicos.



En la práctica, el aceite usado es un líquido más o menos viscoso de color negro que puede contener numerosas sustancias peligrosas disueltas en él. Es una mezcla muy compleja de compuestos orgánicos derivados de los procesos de oxidación y partículas resultantes del desgaste de los metales que conforman la maquinaria. Su composición suele ser la siguiente:
- Aceite base mineral o aceite sintético con aditivos (65%).
- Agua restos de aditivos y compuestos generados en el uso como por ejemplo partes metálicas ocasionadas por el desgaste de piezas en movimiento (35%).

Por todo ello, debemos tener en cuenta que los aceites usados son Residuos Peligrosos y como tales, pueden poner en peligro la salud de los trabajadores y el equilibrio del Medio Ambiente. El Ecuador, siendo signatario del Convenio Basilea, se ha comprometido en mejorar e implementar todo un sistema de gestión del aceite usado así como de sustancias oleosas en el país.

3.17.1 Composición de Los Aceites Lubricantes Usados

Los aceites lubricantes están compuestos por una mezcla de una base mineral durante su uso se contaminan con diversas sustancias como:

- Partículas metálicas ocasionadas por el desgaste de las piezas en movimiento y fricción.
- Compuestos con plomo procedente de las naftas.
- Ácidos orgánico o inorgánicos originados por oxidación o de azufre de los combustibles.
- Compuestos de azufre.
- Restos de aditivos: fenoles, compuestos de zinc, cloro, y fósforo.
- Compuestos clorados: disolventes, PCBs y PCTs.
- Hidrocarburos poli nucleares aromáticos (PNA).
- Pesticidas.

- Residuos tóxicos de cu

La cantidad de plomo presente en el aceite usado oscila del 1 al 1,5 % en peso y proviene de las gasolinas y de los aditivos.

3.17.2 Características físicas y químicas del desecho

- Estado físico: Líquido.
- Apariencia y olor: Café tornasol. Olor característico.
- Concentración: mezcla
- pH: No corresponde.
- Temperatura de descomposición: No descompone
- Punto de inflamación: 201,6ºC.
- Temperatura de auto ignición: 338°C.
- Propiedades explosivas: Límite inferior de explosividad: 6,0%.
- Límite superior de explosividad: 13,5%.
- Peligros de fuego o explosión: Enciende cuando es expuesto a calor o llama.
- Densidad de vapor: 3,4
- Densidad a 20ºC: 0.87g/cm^3
- Solubilidad en agua y otros solventes: Insoluble en agua.

Tabla 16 Composición media de un aceite lubricante

Tipo de sustancia	**Hidrocarburos**	**Porcentaje (en peso)**
Parafinas	Aromáticos	45-76%
Naftenos	Cicloalcanos	13-45%
Aromáticos	Cicloalcanos	10-30%
Aditivos (15 - 25%)		
Antioxidantes	Ditiofosfatos, fenoles, aminas	
Detergentes	Sulfonatos, fosfonatos, fenolatos (de bario, magnesio, zinc)	
Anticorrosivos	Ditiofosfatos de zinc y bario, Sulfonatos	
Antiespumantes	Siliconas, polímeros sintéticos	
Antisépticos	Siliconas, polímeros sintéticos	

3.17.3 Análisis Químico del Residuo Peligroso a Coprocesar

En cumplimiento de los protocolos de prueba, se realizarán análisis físico químicos de contenidos de metales pesados, PCB’s, densidad, viscosidad, punto de inflación y contenido de agua del Residuo Peligroso que se utilizará en las pruebas preoperativas de coprocesamiento.

Aceites minerales Usados o Gastados

NE - 03

Naturaleza del riesgo: Toxico - Inflamable

Titular del desecho: **Lafarge Cementos**

Dirección : Km 7½ vía a Selva Alegre, Imbabura

Teléfono: (06) 2997400

Fecha de envasado: _____/_____/_____

Volumen: _____

Estado: líquido

Descripción: aceites minerales usados o gastados

Declaración de riesgos:

·Potencial peligro de incendio por calor, chispas o llama

·Potencialmente peligroso para el ambiente, los vertidos pueden contaminar el agua superficial, suelos y llegar a aguas subterráneas

Medidas de Precaución:

·Eliminar todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en el área de peligro)

·Evitar el contacto directo con fuentes de agua y suelo

·No caminar sobre el material derramado

Instrucciones en caso de contacto o exposición:

·Quitar la ropa y calzado contaminado

·Lavar la piel con agua y jabón

Incompatibilidad con otros desechos: con agua

Instrucciones en caso de incendio:

·Medida de precaución inmediata: aísle el área como mínimo 50 m en toda dirección

·Mantener alejado a personal no autorizado

·Permanezca en dirección del viento

·Ventile espacios cerrados antes de entrar

·Incendio pequeño: puede utilizar extintores de polvo químico seco, CO2, rocío de agua o espuma regular

·Incendio grande: llamar a los Bomberos

Instrucciones en caso de derrame o goteo:

·En caso de goteo, detenga la fuga, prevenga la entrada a alcantarillas o contacto con fuentes de agua o suelo.

·En caso de derrame pequeño absorber con tierra seca, arena u otro material absorbente no inflamable y transferirlo al contenedor para este tipo de desechos.

·En caso de derrame grande construir un dique más adelante del derrame líquido en donde se pueda contener y posteriormente remediar el daño.

Instrucciones para manejo y almacenamiento de recipientes y/o contenedores:

·Utilizar recipientes adecuados a fin de evitar fugas, ubicar en sitios techados con buena ventilación, piso impermeable y sin contacto directo a redes de drenaje. Los tanques llenos deben ser transportados con montacargas.

Clasificación de riesgos

Para determinar la peligrosidad de un residuo peligroso, hay que tener en cuenta varios aspectos:

- Biodegradabilidad
- Bioacumulación
- Toxicidad
- Ecotoxicidad
- Emisión de Gases
- Degradación Química
- Tiempo requerido para ser eliminado del agua

Marca en la Etiqueta: Toxicidad aguda, Peligroso por aspiración**,** Peligroso para el medio ambiente acuático, Materiales peligrosos misceláneos

Clasificación de riesgos del producto químico:

Salud: 1; Inflamabilidad: 1 Reactividad: 0

a) Peligros para la salud de las personas: El producto es considerado moderadamente tóxico al ser ingerido. En contacto con la piel es un irritante suave. Al ser inhalado puede actuar como un narcótico.

Efectos de una sobreexposición aguda (por una vez):

Inhalación: Irrita el sistema respiratorio superior. Puede causar mareos, dolor de cabeza, somnolencia. Si se mantiene la exposición, puede llegar hasta paro respiratorio.

Contacto con la piel: Un contacto prolongado puede llegar a causar irritación de la piel.

Contacto con los ojos: El contacto directo con los vapores puede causar una conjuntivitis temporal.

Ingestión: Al ser tragado causa irritación de la garganta, esófago y estómago.

Efectos de una sobreexposición crónica (largo plazo): No existen datos confiables sobre los efectos de una sobreexposición crónica al producto.

Condiciones médicas que se verán agravadas con la exposición al producto: Las personas con afecciones pulmonares crónicas no deben ser expuestas a este producto.

b) Peligros para el medio ambiente: Es peligroso para la vida acuática aún en concentraciones muy pequeñas.

c) Peligros especiales del producto: El producto no presenta peligros especiales: tiene inflamabilidad.

Estabilidad y reactividad

Estabilidad: Estable.

Condiciones que se deben evitar: Evite exponer los envases al calor del sol directo.

Incompatibilidad (materiales que se deben evitar): Puede reaccionar con violencia con materiales oxidantes. Almacene lejos de ácidos oxidantes, tales como nítrico o sulfúrico.

Información toxicológica

Toxicidad aguda: Por ingestión: Grado 2: LD50 = 0,5 a 5 g/kg. Al ser inhalado, actúa como narcótico y como asfixiante.

Toxicidad crónica o de largo plazo: No existen datos sobre su posible efecto de largo plazo.

Efectos locales: Puede producir dermatitis. Es irritante de la piel y ojos.

Sensibilización: No se producirá.

Información ecológica
Inestabilidad: Estable.
Persistencia/Degradabilidad: No es fácilmente biodegradable. Por ello se prefiere su recolección e incineración para evitar daños al ambiente.
Bioacumulación: Se considera que tiene un alto poder de Bioacumulación.
Efectos sobre el ambiente: Dañino para la vida acuática, aún en cantidades pequeñas.

LODOS DE ACEITES

Código del desecho: NE-36
Estado: sólido
Naturaleza del riesgo: Toxico

Descripción: lodos de limpieza de trampas de aceites y grasas, limpieza de cubetos de contención.

Lodos de aceite contienen menos del 5% en agua y contiene mezclas de álcalis, ácidos orgánicos, agentes estabilizantes, asfaltos oxidados y diésel de alto punto de llama o aceites minerales no tóxicos.

Declaración de riesgos:

- Potencialmente peligroso para el ambiente en caso de disposición final inadecuada

Medidas de Precaución:

- Eliminar todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en el área de peligro)
- Evitar el contacto directo con fuentes de agua y suelo

Incompatibilidad con otros desechos: con agua

Instrucciones en caso de incendio:

- Medida de precaución inmediata: aísle el área como mínimo 25 m en todas las direcciones
- Mantener alejado a personal no autorizado
- Permanezca en dirección del viento
- Ventile espacios cerrados antes de entrar

- Incendio pequeño: puede utilizar extintores de polvo químico seco, CO2, arena, rocío de agua o espuma regular.
- Incendio grande: llamar a los Bomberos

Instrucciones en caso de derrame o goteo:

- En caso de goteo detenga la fuga, prevenga la entrada a alcantarillas o contacto con fuentes de agua o suelo.
- En caso de derrame pequeño, absorber con tierra seca, arena u otro material absorbente no inflamable y transferirlo al contenedor para este tipo de desechos.

Instrucciones para manejo y almacenamiento de recipientes y/o contenedores:

Utilizar recipientes adecuados a fin de evitar fugas, provistos de tapa, ubicar en sitios techados con buena ventilación, piso impermeable y sin contacto directo a redes de drenaje.

3.18 CINÉTICA DE LA REACCIÓN Y BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA PARA EL PROTOCOLO DE PRUEBAS

A continuación se presenta el balance de materia y energía a la fecha en que se inició el programa de pruebas de quemado para coprocesamiento de AFR en el horno rotario de la Planta Industrial Guapán, se realizó el cálculo para la producción de 1 ton de cemento por vía seca, se registran las siguientes entradas y salidas, acorde a los formatos establecidos en el Acuerdo Ministerial 026.

Se toma como referencia el día 06 Agosto de 2014, en que se inició el programa de pruebas de quemado para coprocesamiento de AFR en el horno rotario F-7 de la Planta Industrial Guapán, se realiza el cálculo para la producción de 1 ton de cemento por vía seca, se registran las siguientes entradas y salidas:

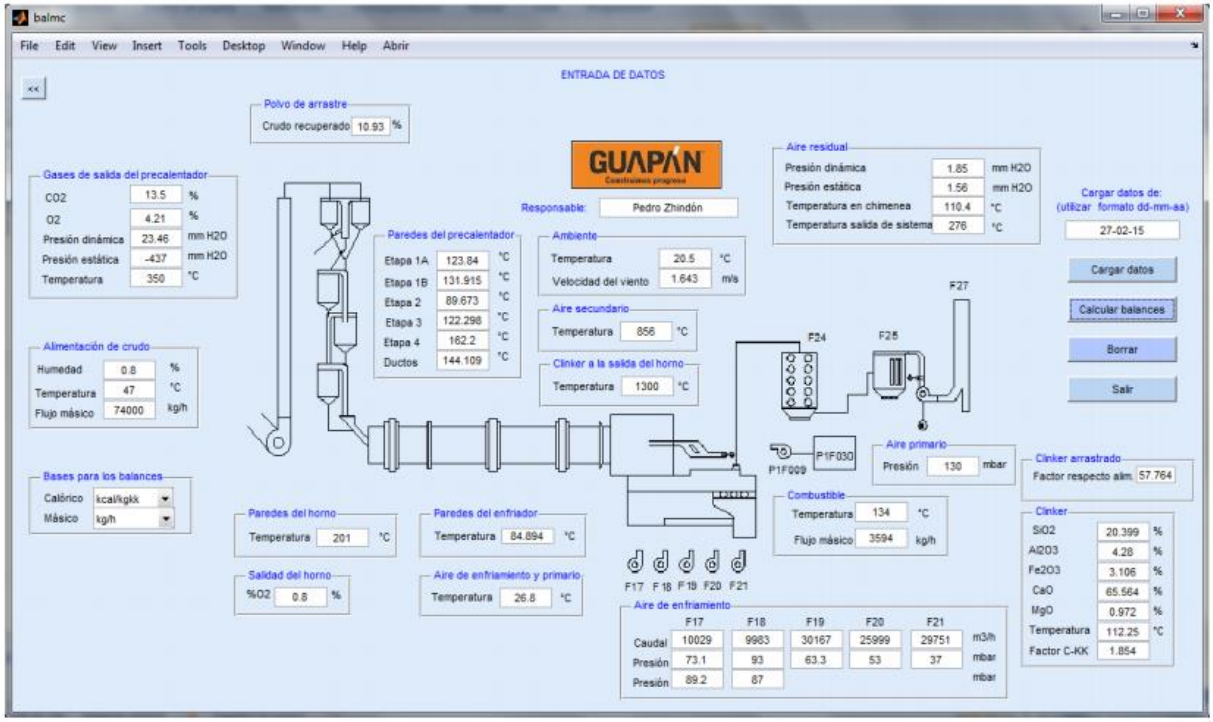
TABLA 17. BALANCE DE MASA HORNO F-7 GUAPÁN					
ENTRADAS MÁSICAS AL PROCESO			**SALIDAS MÁSICAS DEL PROCESO**		
Parámetro	Kg	%	Materia	Kg	%
Crudo: (S) (Caliza+Arcilla+Hierro+Silice)	1700	41,48	Clínker (S)	1000	27,40
			Vapor de agua	181,41	4,97
			O_2 (G)	153,67	4,21
Combustible Fósil (L) (Fuel Oil)	74,7	2,27	N2 (G)	1817,17	49,79
Residuo Peligroso Alimentado (L) (Aceite Usado)	15,3	0,47	CO_2 (G)	492,75	13,50
Aire de Combustión (G)	1860	55.23	NOX,SO_2, HCl, NH3, VOCs, Benceno, Metales pesados, dioxinas y furanos (Capturados y Destruidos en el sistema) (G)	< 5	0,14
Total entrada másica (Kg)	3650	100,00	Total salida másica (Kg)	3650	100,00
Presión (atm)				0,725	
Temperatura Horno (ºC)				1300	
Temperatura salida de gases (promedio) (ºC)				126,83	
Poder calorífico combustibles (Kcal/Kg)				8438,02	
Consumo Energético (Kcal/Kg)				906,71	
% de O2 en exceso				100	
Alimentación de crudo (t/h)				73	
Tasa de Producción clínker (t/h)				40,2	
Factor de Conversión crudo/clínker				1,82	

Elaborado por equipo consultor WCR

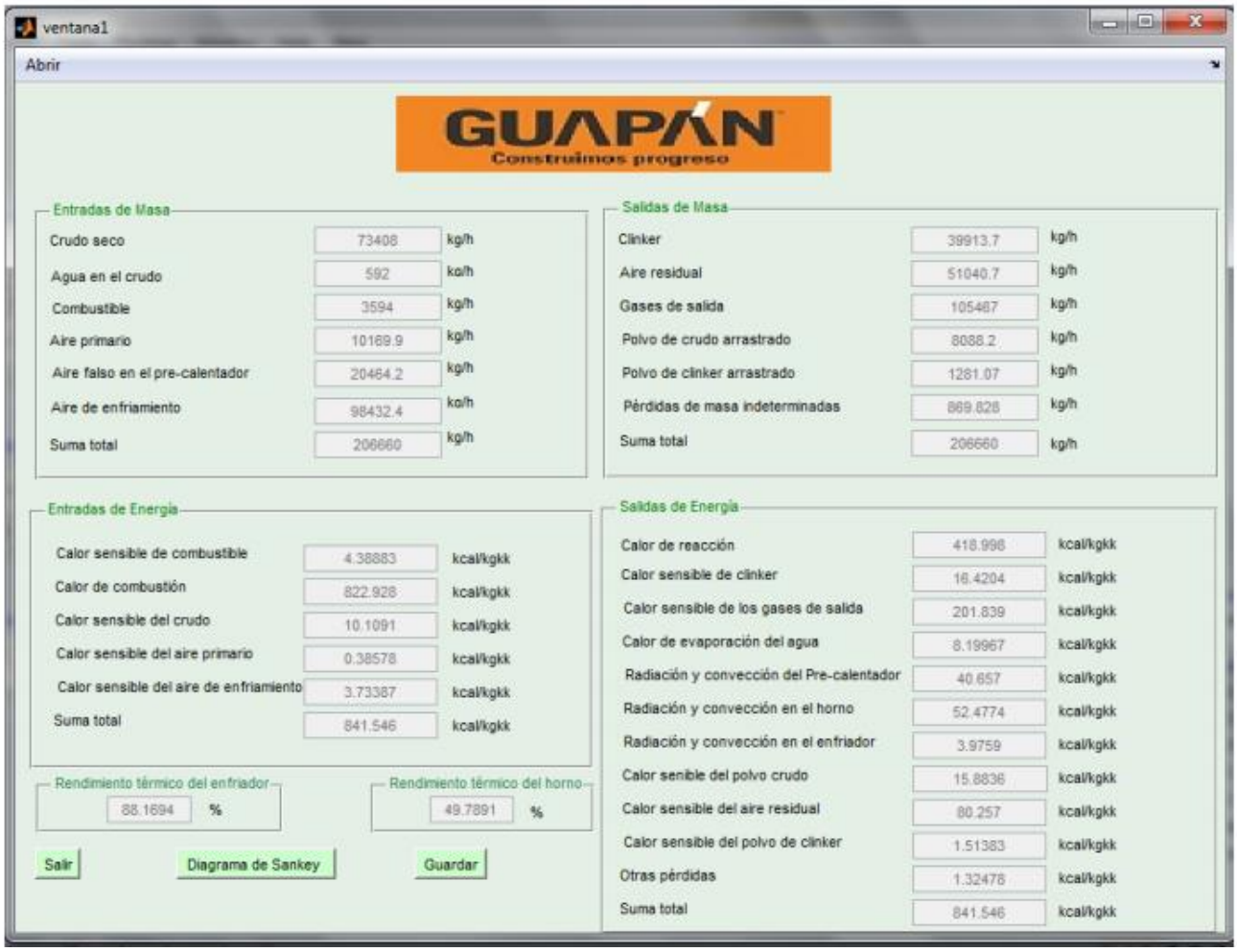
Balance másico											
Datos de entrada						Datos de salida					
Descripción	kg/h	tm/h	kg/día	tm/día	kg/kg de kk	Descripción	kg/h	tm/h	kg/día	tm/día	kg/kg de kk
Alimentación seca	73408,000	73,408	1761792,000	1761,792	1,782	Clinker	39913,700	39,914	957928,800	957,929	0,969
Agua en el crudo	592,000	0,592	14208,000	14,208	0,014	Polvo de clinker	1281,070	1,281	30745,680	30,746	0,031
Combustible	3594,000	3,954	94896,000	94,896	0,087	Polvo de crudo	8088,200	8,088	194116,800	194,117	0,196
Aire de enfriamiento	98432,400	98,432	2362377,600	2362,378	2,389	Aire residual	51040,700	51,041	1224976,800	1224,977	1,239
Aire primario	10169,900	10,170	244077,600	244,078	0,247	Gases de salida	105534,973	105,535	2532839,341	2532,839	2,559
Aire falso	20477,347	20,477	491456,338	491,456	0,496	Pérdidas indeterminadas	1175,005	1,175	28200,116	28,200	0,022
Total	207033,647	207,034	4968807,538	4968,808	5,016	Total	207033,647	207,034	4968807,538	4968,808	5,016

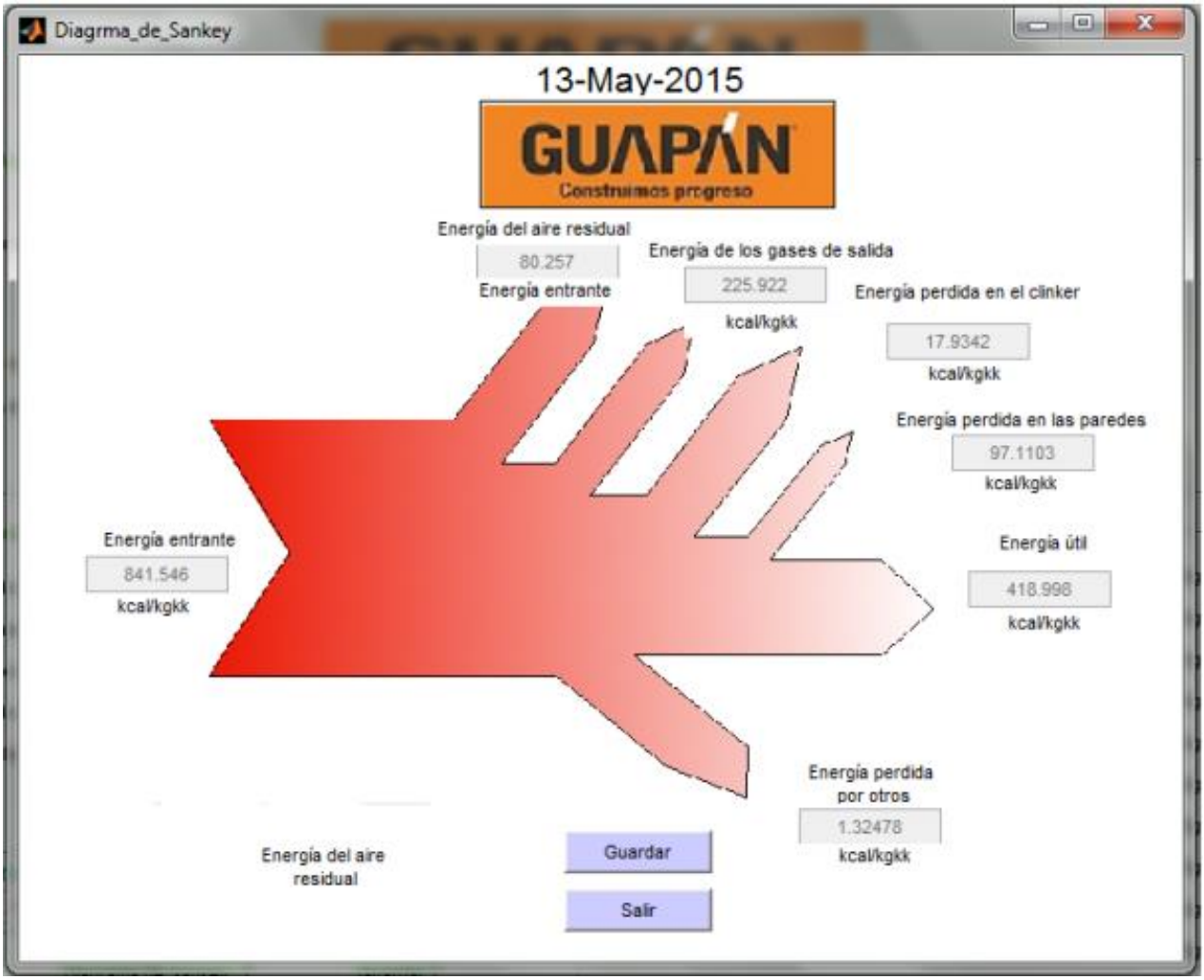
Balance energético							
Datos de entrada				Datos de salida			
Descripción	kcal/h	kcal /día	kcal /kg de kk	Descripción	kcal /h	kcal /día	kcal /kg de kk
Calor sensible de alimentación de crudo	413111,320	9914671,670	10,028	Calor sensible del Clinker	676432,776	16234386,633	16,420
Calor sensible del combustible	180796,839	4339124,145	4,389	Calor sensible del Polvo de Clinker	62361,858	1496684,588	1,514
Calor de combustión	33878449,254	813082782,096	822,397	Calor sensible del Polvo de crudo	654319,353	15703664,477	15,884
Calor sensible del aire primario	15892,123	381410,941	0,386	Calor sensible del Aire residual	3300553,178	79213276,280	80,121
Calor sensible del aire de enfriamiento	153815,914	3691581,940	3,734	Calor sensible de los gases de salida	8309440,873	199426580,956	201,711
				Calor de rad y conv en el precalentador	1676821,357	40243712,566	40,705
				Calor de rad y conv en el horno	2161794,517	51883068,399	52,477
				Calor de rad y conv en el enfriador	163786,499	3930875,965	3,976
				Calor de reacción	17260523,319	414252559,657	418,998
				Calor de evaporación	337816,512	8107596,288	8,200
				Perdidas indeterminadas	38215,208	917164,984	0,928
Total	34642065,450	831409570,793	840,934	Total	34642065,450	831409570,793	840,934

Ventana de datos de la fecha 27-02-15



Ventana de resultados de la fecha 27-02-15





Ventana de gráfica de resultados como diagrama de Sankey de la fecha 27-02-15

Las emisiones procedentes del Horno de Clinker F7 de la UCEM CEM, tienen su Origen en las reacciones químicas y físicas de las materias primas y en los procesos de combustión. Dichas emisiones están ligadas a las propiedades de las materias primas (humedad, contenido en compuestos sulfurosos volátiles, dificultad de cocción, resistividad, etc.). Los constituyentes principales de los gases emitidos por el horno de cemento son los siguientes:

Hidrocarburos totales THC

La normativa internacional exige que la cantidad de hidrocarburos totales (THC) en los gases de salida del horno sea inferior a 20 partes por millón. Si la piedra de la cantera, u otra materia prima, contienen demasiado material orgánico, se generan sustancias volátiles en la alimentación del lado frío del horno, elevando el nivel de THC por encima de 20 ppm. Cuando sucede esto, se corta automáticamente la alimentación de combustible de residuos. La

combustión pobre, a menudo causada por el elevado contenido en agua de los combustibles de residuos, también puede producir elevado contenido de THC. La eficiencia en la destrucción y eliminación para THC debe ser superior a 99 %.

Otros parámetros son las temperaturas máxima y mínima de la zona de combustión, la velocidad de alimentación de relleno máxima, que influye sobre las velocidades de alimentación totales de modo variable, la temperatura máxima de entrada de la cámara de sacos y la caída de presión mínima a través de la cámara de sacos.

Gases ácidos:

Dióxido de carbono (CO_2)

Proveniente de la descarbonatación de la caliza, además del propio proceso de combustión de los combustibles fósiles. Este gas, aun no siendo nocivo, por su condición de gas de efecto invernadero, hace que cobre gran importancia su reducción y control.

La emisión de CO_2 se sitúa entre Kg/t de clínker. Aproximadamente un 66% de esta emisión proviene del proceso de calcinación (descarbonatación de la caliza) y es por tanto inevitable.

El CO_2 que se emite proviene de la combustión completa del combustible (aproximadamente 40 %) y de la descomposición de la caliza (60 % restante). Las Emisiones resultantes de la Combustión son proporcionales al consumo específico y a la relación entre el contenido de carbono y el poder calorífico del combustible. Cuanto más carbono tenga el combustible, mayores serán las emisiones a la atmósfera-

Dióxido de Azufre (SO_2)

En los hornos de cemento la materia prima alimentada al horno es altamente alcalina, actuando Como sistema de control de la emisión de gases ácidos. En el caso del uso de residuos como combustible alternativo el hecho de que dicho residuo contenga cloro o azufre en la combustión hará que se generen gases ácidos como el cloruro de hidrógeno, y el óxido de azufre. Estos gases son neutralizados y absorbidos en su práctica totalidad por la materia prima, de naturaleza alcalina. Las sales inorgánicas formadas se incorporan al clínker.

En cuanto al SO_2, sus emisiones están relacionadas con el contenido en compuestos volátiles de azufre en las materias primas (compuestos orgánicos de azufre o piritas). El dióxido de azufre es el principal compuesto de azufre emitido, aunque también se generan pequeñas cantidades de SO3 e incluso H_2S. El azufre presente en los combustibles apenas genera emisiones significativas de SO2, debido a la naturaleza fuertemente alcalina de la zona del precalentador que atrapa el azufre.

Óxidos de nitrógeno (NOx)

Dos son las principales Fuentes de producción de NOx, el térmico derivado de la oxidación del nitrógeno del aire de combustión, y el derivado de la oxidación del nitrógeno presente en el combustible. La formación de NOx es una inevitable consecuencia de la Alta temperatura de combustión (llama del orden de 2.000 ºC).

La producción de NOx está relacionada con la alta temperatura existente en un horno de clínker y el contenido de oxígeno. En las condiciones del proceso se puede producir reacción entre el oxígeno en exceso y el nitrógeno presente en el aire o en el combustible. Este fenómeno no está especialmente ligado al tipo de combustible utilizado, pero si al tipo de horno que se emplea y a la características de cocción o quema (cuanto mayor sea la temperatura necesaria para su clinkerización, mayor será la producción de óxidos de nitrógeno)

Compuestos Orgánicos (COVs)

La emisión de compuestos orgánicos volátiles y de monóxidos de carbono, va ligada generalmente a combustiones incompletas. En los hornos de cemento las emisiones son bajas en condiciones normales de operación, debido al largo tiempo de residencia de los gases en el horno, a la elevada temperatura (> a 1300 ºC) y a las condiciones de exceso de oxígeno, por lo que el uso de distintos tipos de combustibles incluidos los AFRs no influye si la operación es la adecuada

Los compuestos orgánicos contenidos en los residuos son destruidos, dando como resultado la formación de CO_2 y H_2O. La energía liberada en la combustión se aprovecha en el proceso de fabricación de clínker. En el caso de que el residuo contenga cloro o azufre, la combustión generará gases ácidos como el cloruro de hidrógeno y el óxido de azufre. Estos gases son neutralizados y absorbidos en su totalidad por la materia prima de naturaleza alcalina. Las sales inorgánicas formadas se incorporan al clínker.

Dibenzodioxinas policloradas (PCDDs) y dibenzofuranos (PCDFs)

En los procesos de combustión, la presencia de cloro y de compuestos orgánicos puede dar lugar a la formación de dioxinas y furanos (PCDDs y PCDFs) si se dan a su vez las condiciones de tiempo de residencia y temperatura.

La formación de dioxinas y furanos ocurre por síntesis (Síntesis de Novo) en el rango de temperaturas entre 200 y 450 ºC por reacción de hidrocarburos (precursores) con el cloro. Por lo tanto, es importante que los gases del sistema del horno sean enfriados rápidamente a través de este rango. En la práctica esto es lo que ocurren los sistemas con precalentador puesto que las materias primas entrantes se calientan con los gases del horno. Por otra parte la presencia de cloro en los gases de combustión del horno está limitada por condiciones de proceso y de calidad del cemento.

Primero: la combustión debe ser completa. Para ello, se debe trabajar a temperaturas alrededor de 1.000 °C y con un grado de turbulencia adecuado. El horno de la UCEM CEM Planta Guapán, trabaja a temperaturas superiores a 1300 °C y la temperatura de la llama alcanza los 1500°C con tiempos de residencia de 10 a 15 seg, lo que garantiza una eficiencia destrucción

total (> 99,9999 %) de Dioxinas y Furanos, independiente de que se utilicen combustibles convencionales (carbón, coke, fuelóleo) o alternativos (aceites usados, lodos residuales, neumáticos usados, disolventes, etc.)

Segundo: se debe conseguir un enfriamiento brusco o rápido de los gases de salida del horno, en la zona de post-combustión que limite la formación de las dioxinas a partir de las cadenas de carbón poliaromáticas y de los precursores gaseosos.

Manteniendo bajo control estos puntos básicos, las emisiones de dioxinas en un sistema de Coprocesamiento, responderán principalmente a la efectividad de los sistemas de tratamiento de gases y del material particulado, así como de la presencia de metales que puedan catalizar los precursores existentes en la zona de post-combustión.

Metales pesados

En caso de que los residuos contengan metales, su presencia será controlada en las emisiones, los numerosos estudios realizados sobre su comportamiento los resultados de corridas de la pruebas preoperativas de quemado, han demostrado que éstos son retenidos mayoritariamente en el clínker, con cifras de retención muy próximas al 100%. En las pruebas preoperativas de quemado se obtuvieron Para el caso del Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Se, Ag, V y Zn se han medido porcentajes de retención en los sólidos del proceso de más del 99,999 % (muy próximos al 100 %). Los metales relativamente volátiles como el mercurio y el talio, que deberán ser controlados y limitados en los residuos. El control de las emisiones mediante el uso de eficientes equipos de separación de partículas, es una medida directa en el control de las emisiones de metales al medioambiente.

El Coprocesamiento de residuos peligrosos en la producción de cemento se ha reconocido como un método de disposición saludable para el ambiente en el contexto de la Convención de Basilea[2]. Éste se refiere a la conveniencia del Coprocesamiento de residuos peligrosos en la producción de residuos y a las condiciones a las que debe sujetarse. Por otra parte, los combustibles alternativos pueden aportar minerales que contribuyan a formar los compuestos del clínker. En este caso, además de la valorización energética, la materia prima contenida en el residuo se recicla en el clínker.

[2] 'Basel Convention Technical Guidelines on Incineration on Land', SBC, 1995 (párrafos 26-27)

– 'General technical Guidelines for the environmentally sound management of wastes consisting of, containing or contaminated with persistent organic pollutants', SBC, 2004 (section G.2.c)

3.19 EMISIONES A LA ATMÓSFERA QUE SON ESPERADAS COMO RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOCOLO DE PRUEBAS

Tabla 18. EMISIONES A LA ATMÓSFERA QUE SON ESPERADAS

Parámetro	Unidades	Concentración
MP	g/s	0,23
HCL	g/s	0,18
THX (as C_3H_8)	g/s	0,55
NOx	g/s	46,87
CO	g/s	17,64

Elaborado por equipo consultor WCR

4 DISEÑO DEL MUESTREO

El objetivo del protocolo de pruebas es establecer los criterios específicos para el desarrollo de pruebas preoperativas de un sistema de tratamiento térmico de desechos peligrosos, que demuestre la eficiencia del mismo.

En una primera fase del Proyecto Coprocesamiento Guapán, se ejecutará solo para AFRs líquidos, (aceites usados), no se prevé aún el Coprocesamiento de Desechos Sólidos Peligrosos. Se debe indicar que se trata de una Planta Cementera, que mediante el Coprocesamiento de sus propios aceites usados, aprovechará la Recuperación del Poder Energético de los mismos y que este proceso no genera residuos (cenizas) ya que estas quedan retenidas integramente en el Clínker, aspecto que no ocurre en una Planta Incineradora.

Se consideración los parámetros y límites máximos permisibles establecidos en la Norma de Coprocesamiento que es específica para esta actividad (no se está realizando procesos de incineración sino de coprocesamiento y la planta no es una planta incineradora de desechos).

Por lo tantio el no uso y la no disponibilidad en planta de los subrogados sólidos mencionados en la normativa (arena, aserrín), la paralización de las actividades normales de la Planta para las adecuaciones necesarias para la alimentación de estos subrogados sólidos, la complicación de las pruebas preoperativas de quemado y los ingentes costos de laboratorio que esto implicaría y su poca aplicabilidad en los resultados finales, se ha optado, tomando en cuenta la experticia ya aplicada por el mismos Laboratorio (CESTTA con el apoyo de SGS Analytical Perspectives – EE:UU) en el Protocolo de Pruebas para determinar la eficiencia del Coprocesamiento de Aceites Usados para la Empresa Lafarge Cementos S.A. en su Planta Industrial de Otavalo a continuación se detalla los escenarios a utilizarse para la Planta Guapán de la UCEM CEM, que se ajustan a los requerimientos de la normativa a excepción del uso de los subrogados, justificado con lo arriba señalado.

El Laboratorio Acreditado CEESTA con el apoyo del Laboratorio Internacional SGS, aplicó los Protocolos de Pruebas aprobados por el Ministerio del Ambiente, para determinar la eficiencia del coprocesamiento de Aceites Usados en el Horno F7 de Industrias Guapán, bajo de 3 escenarios principales:

Escenario 1: 0% de NSE (Línea Base)
Escenario 2: 85% del NSE Meta (equivalente a un 17% de NSE)
Escenario 3: 100% del NSE Meta (equivalente a un 20% de NSE)

En cada Escenario existen dos Modos de Operación en el sistema de piroprocesado que pueden afectar las características de las emisiones del Horno:

Modo Directo (sin el Molino de Crudo operando)
Modo Compuesto (con el Molino de Crudo operando en línea)

De tal forma que para cada Escenario de prueba, existirán resultados obtenidos en ambos Modos de Operación (Directo y Compuesto). Dado que la normatividad Ecuatoriana requiere que las pruebas se realicen por triplicado en cada Escenario, se optó por dividir las 3 corridas de manera que 2 sean efectuadas en Modo Directo (mayor potencial de emisión) y 1 sea efectuada en Modo Compuesto (menor potencial de emisión).

La ejecución de las pruebas será efectuada en el orden arriba indicado, esto es, primero se estabilizará el sistema del Escenario Línea Base y se efectuarán las corridas, posteriormente se estabilizará al 17% de NSE y finalmente al 20%. Antes de comenzar las pruebas del Escenario Línea Base, Industrias Guapán deberá asegurarse que el Horno haya operado al menos 80 horas sin alimentación de Aceite Usado a fin de eliminar cualquier efecto de memoria en los Silos de Harina Cruda (ocasionado por la recirculación de Polvo de la Casa de Bolsas).

4.1 MUESTREO DE CORRIENTES SÓLIDAS DE PROCESO

Las muestras de corrientes sólidas se refieren a: (a) Harina Cruda; (b) Polvo de Casa de Bolsas, y; (c) Clinker.

Estas muestras son requeridas únicamente con el objetivo de poder generar información que permita explicar los resultados obtenidos en Chimenea cuando estos no sean los esperados.

Estas muestras no son requeridas para demostrar cumplimiento de los LMP.

Cada muestra deberá consistir de aproximadamente 1 kg. Cada muestra deberá identificarse claramente con: (a) tipo de muestra (p.e. Harina Cruda); (b) fecha y horario de toma; (c) nombre del muestreador, y; (d) combinación de Escenario y Modo de Operación que existía cuando fue tomada (p.e., Escenario Línea Base – Modo Compuesto).

Cada muestra deberá ser almacenada en forma independiente. Los recipientes para almacenar cada muestra deberán ser herméticos y garantizar la integridad de la muestra para un periodo de al menos 3 meses.

El Método para tomar las muestras deberá ser el normalmente utilizado por Industrias Guapán.

4.2 MUESTREO DE CORRIENTES LÍQUIDAS DE PROCESO

Las muestras de corrientes líquidas se refieren a: (a) Crudo Residual; (b) Aceite Usado, y; (c) Agua de Torre de Enfriamiento.

Estas muestras son requeridas únicamente con el objetivo de poder generar información que permita explicar los resultados obtenidos en Chimenea cuando estos no sean los esperados.

Estas muestras no son requeridas para demostrar cumplimiento de los LMP.

Cada muestra deberá consistir de aproximadamente 1 L. Cada muestra deberá identificarse claramente con: (a) tipo de muestra (p.e. Crudo Residual); (b) fecha y horario de toma; (c) nombre del muestreador, y; (d) combinación de Escenario y Modo de Operación que existía cuando fue tomada (p.e., Escenario Línea Base – Modo Compuesto).

Cada muestra deberá ser almacenada en forma independiente. Los recipientes para almacenar cada muestra deberán ser herméticos y garantizar la integridad de la muestra para un periodo de al menos 3 meses.
El Método para tomar las muestras deberá ser el normalmente utilizado por Industrias Guapán.

4.3 CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS Y COMBUSTIBLES DURANTE LAS PRUEBAS

Las pruebas preoperativas se efectuaron bajo dos condiciones diferentes, con molino de crudo y sin molino de crudo en el siguiente porcentaje.

TABLA 19. OPERACIÓN COMPUESTA, MOLINO DE CRUDO CON 85% del NSE

Parámetro de pruebas	Crudo alimentación (t/h)	Tasa de producción (t/h)	% v/v de aceite en la mezcla (crudo residual + aceite)	Mezcla (Crudo Residual + Aceite) (gph)	Crudo Residual (gph)	Crudo Residual kg/h	Aceite (gph)	Aceite kg/h	Remplazo energético de Aceite
PM, HCl	72	40,2	21,3%	1088	904	2988	184	612	17%
Metales	72	40,2	21,3%	1088	904	2988	184	612	17%
THC, NOx, SO2, CO	72	40,2	21,3%	1088	904	2988	184	612	17%
NH3	72	40,2	21,3%	1088	904	2988	185	612	17%
Dioxinas y Furanos	72	40,2	21,3%	1088	904	2988	184	612	17%
Benceno	72	40,2	21,3%	1088	904	2988	184	612	17%
VOC's	72	40,2	21,3%	1088	904	2988	184	612	17%

TABLA 20. OPERACIÓN COMPUESTA, MOLINO DE CRUDO CON 100% del NSE

Parámetro de pruebas	Crudo alimentación (t/h)	Tasa de producción (t/h)	% v/v de aceite en la mezcla (crudo residual + aceite)	Mezcla (Crudo Residual + Aceite) (gph)	Crudo Residual (gph)	Crudo Residual kg/h	Aceite (gph)	Aceite kg/h	Remplazo energético de Aceite
PM, HCl	73	40,8	24,3%	1000	800	2800	200	700	20%
Metales	73	40,8	24,3%	1088	800	2800	200	700	20%
THC, NOx, SO2, CO	73	40,8	24,3%	1088	800	2800	200	700	20%
NH3	73	40,8	24,3%	1088	800	2800	200	700	20%
Dioxinas y Furanos	73	40,8	24,3%	1088	800	2800	200	700	20%
Benceno	73	40,8	24,3%	1088	800	2800	200	700	20%
VOC's	73	40,8	24,3%	1088	800	2800	200	700	20%

Fuente: UCEM CEM

Tabla 21. Cantidad máxima en toneladas de desechos requeridos para la realización del protocolo de pruebas.

FUENTE	Aceite (Ton/día) (Protocolos)	Capacidad Máx Almacén (Ton/día)
HORNO F7 GUAPÁN	69,49 (78.700 litros/día)	247,24 (70.000 gal/día)

Densidad Aceite: 0,883 kg/l

5 MUESTREO Y PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS

El Laboratorio CESTTA de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo "ESPOCH", con apoyo del laboratorio internacional *SGS, Analytical Perspectives (EEUU)*, realizó las pruebas de emisiones en las chimeneas del Horno Rotatorio de la Planta Industrial Guapán.

5.1 FLUJO VOLUMÉTRICO TASA - EPA MÉTODO 1, 2, 3A Y 4

Los Métodos EPA 1 al 4 se utilizaron para la determinación de la tasa de flujo volumétrico de gas de chimenea en los lugares de prueba.

La ubicación de la toma de muestra y número de puntos transversales utilizado para la prueba se determinaron de acuerdo con los procedimientos descritos en EPA de EE.UU. Método de Referencia 1.

La velocidad del gas de combustión se determinó de acuerdo a los procedimientos descritos en EPA de EE.UU. Método de Referencia 2. Las mediciones de velocidad se realizaron utilizando tubos Pitot tipo S que se ajuste a las especificaciones geométricas descritas en el Método 2. El giro y el eje de paso del tubo de Pitot tipo S se mantuvo 90 grados para el flujo de aire.

Presiones de velocidad se midieron con manómetros de fluido.

Temperaturas de los gases efluentes se midieron con termopares cromo-aluminio unidos a una lectura digital.

Se realizó pruebas de controles de fugas en el tren de muestreo utilizado en este programa de pruebas.

Para O_2 y CO_2, el muestreo y procedimientos analíticos se realizaron de acuerdo con la EPA Método 3A. Las mediciones se realizaron con un analizador de Gases HORIBA modelo PG 350.

El contenido de humedad de gases de combustión durante las pruebas se determinó de acuerdo con los procedimientos de muestreo y analíticos descritos en el documento EPA Método 4. Los elementos de choque estaban contenidos en un baño de hielo para asegurar la condensación de la humedad del flujo de gases de combustión. La humedad no condensada en los impingers fue capturado en silica gel. El aumento de peso de los impingers y el de silica gel se suman y se introducen en los cálculos de contenido de humedad.

5.2 MATERIAL PARTICULADO Y HCL - EPA MÉTODO 5 Y 26ª

CESTTA, utiliza los métodos EPA 5/26A, combinados para la determinación de material particulado y HCl. La preparación de la cristalería de muestreo, toma de muestra isocinética, recuperación de la muestra y los análisis se realizaron de acuerdo con los procedimientos en los métodos de 5 y 26A.

Muestreo:

Formación del tren. Los componentes del tren de muestreo que fueron expuestos a gas de muestra fueron lavados con detergente, se enjuagó con agua del grifo, y después se aclararon con agua destilada. La boquilla, punta de prueba, soporte del filtro y cristalería conexión se enjuagan y se rozaron con acetona. Los componentes del tren de toma de muestra se dejaron secar, se sellaron, y se transportan al campo. Los dos primeros elementos de choque (impingers) contenían 100 ml de cada uno de H_2SO_4 0,1 N, y los cuarto y quinto impingers contenían 100 ml de cada uno de 0,1 N NaOH. El sexto impinger contenía aproximadamente 200 gramos de gel de sílice. Cada impactador se pesó antes de comenzar el muestreo.

Recogida de muestras. Las muestras fueron retiradas isocinéticamente (100% ± 10%) de la fuente durante 60 minutos por corrida. El tren de muestreo consistió en una boquilla de cristal, un linner de vidrio caliente forrado sonda con un tubo de Pitot tipo S conectados, un filtro calentado, impingers refrigerados, y una consola de medición. Las muestras de partículas se recogieron en un filtro de fibra de vidrio soportada por un empaque de teflón y se mantuvieron a una temperatura de 120 ± 12 °C. Las emisiones de HCl fueron recogidas en los impingers con H_2SO_4 (0,1 N).

Recuperación de la muestra. A la conclusión de cada serie, El tren de toma de muestra se selló y se transportó al laboratorio móvil CESTTA. El filtro se retira del soporte del filtro y se colocó en una placa de Petri identificada de forma única. Cada impactador se pesó antes y al final de cada ejecución. El aumento de peso debido a la humedad en la corriente de gas se resumió y entró en cálculos de contenido de humedad de acuerdo con la EPA Método de Referencia 4. La boquilla, sonda, y la mitad delantera del soporte del filtro se enjuagaron y cepillado con acetona y se recogen en un frasco de vidrio etiquetados. El contenido de impingers 1 y 2, cristalería conexión, y enjuagues de agua se recogieron en un contenedor de muestras de polipropileno para el análisis de HCl.

Análisis de las muestras. Para la determinación de material particulado se utilizó el método 5 EPA, se utilizaron para analizar, el filtro y los enjuagues con acetona de la boquilla, linner, porta filtro y conectores. Para HCl se utilizó el contenido de impingers 1, 2 y los enjuagues se analizaron por cromatografía iónica (IC) método EPA 26A.

Los parámetros que se controlan y se registran para garantizar los objetivos de calidad de datos para las pruebas de funcionamiento son los siguientes.

humedad en la corriente de gas se resumió y entró en cálculos de contenido de humedad de acuerdo con la EPA Método de Referencia 4. La boquilla, sonda, y la mitad delantera del soporte del filtro se enjuagaron y cepillado con acetona y se recogen en un frasco de vidrio etiquetados. El contenido de impingers 1 y 2, cristalería conexión, y enjuagues de agua se recogieron en un contenedor de muestras de polipropileno para el análisis de HCl.

Análisis de las muestras. Para la determinación de material particulado se utilizó el método 5 EPA, se utilizaron para analizar, el filtro y los enjuagues con acetona de la boquilla, liner, porta filtro y conectores. Para HCl se utilizó el contenido de impingers 1, 2 y los enjuagues se analizaron por cromatografía iónica (IC) método EPA 26A.

Los parámetros que se controlan y se registran para garantizar los objetivos de calidad de datos para las pruebas de funcionamiento son los siguientes.

- Frecuencias de muestreo isocinético de 100 ± 10%
- Volúmenes de muestra ≥ 0,85 dscm (30 DSCF)

- Prueba de fugas ≤ 0.566 lpm (0,02 DSCFM) al vacío de funcionamiento máximo
- Tubo Pitot comprobación de fugas ≥ 750 Pa (3 pulgadas WC)
- Muestreo temperaturas de salida del tren ≤ 20 °C
- Filtro y temperaturas de sonda de 120 ± 14 °C

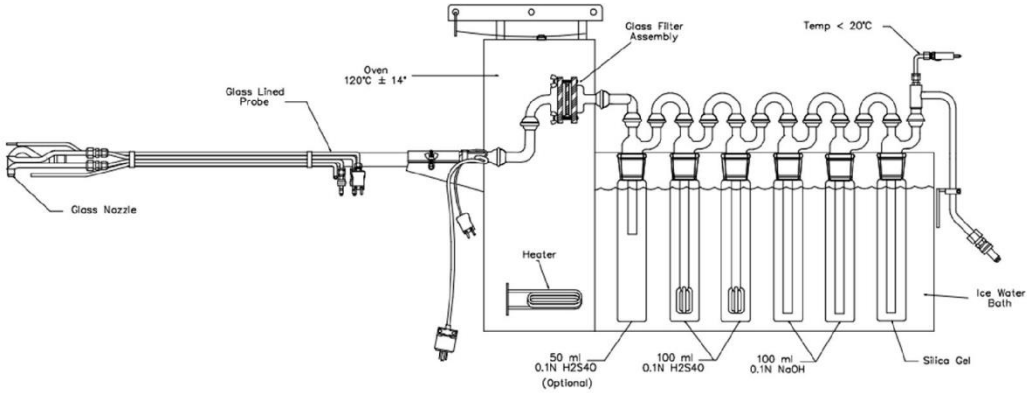


FIGURA 3. Ensamblaje tren de muestreo EPA 5/26A

5.3 AMONIACO NH3 - EPA MÉTODO 27

CESTTA, utiliza el método EPA 27, para la determinación de amoniaco. La preparación de la cristalería de muestreo, toma de muestra isocinética, recuperación de la muestra y los análisis se realizaron de acuerdo con el procedimiento Del método EPA 27.

Muestreo:

Formación del tren. Los componentes del tren de muestreo que fueron expuestos a gas de muestra fueron lavados con detergente, se enjuagó con agua del grifo, y después se aclararon con agua destilada. La boquilla, punta de prueba, soporte del filtro y cristalería conexión se enjuagan y se rozaron con acetona. Los componentes del tren de toma de muestra se dejaron secar, se sellaron, y se transportan al campo. Los dos primeros elementos de choque (impingers) contenían 100 ml de cada uno de H_2SO_4 0,1 N, el tercer impinger vacío y el cuarto impinger contenía aproximadamente.

200 gramos de gel de sílice. Cada impactador se pesó antes de comenzar el muestreo.

Recogida de muestras. Las muestras fueron retiradas isocinéticamente (100% ±

10%) de la fuente Durante 60 minutos por corrida. El tren de muestreo consistió en una boquilla de cristal, un liner de vidrio caliente forrado sonda con un tubo de Pitot tipo S conectados, un filtro calentado, impingers refrigerados, y una consola de medición. Las muestras de partículas se recogieron en un filtro de fibra de vidrio soportada por un empaque de teflón de acuerdo a lo especificado en el método EPA 17. Las muestras fueron recogidas en los impingers con H_2SO_4 (0,1 N).

Recuperación de la muestra. A la conclusión de cada serie, El tren de toma de muestra se selló y se transportó al laboratorio móvil CESTTA. El filtro se retira del soporte del filtro y se colocó en una placa de Petri identificada de forma única. Cada impactador se pesó antes y al final de cada ejecución. El aumento de peso debido a la humedad en la corriente de gas se resumió y entró en cálculos de contenido de humedad de acuerdo con la EPA Método de Referencia 4. La boquilla, sonda, y la mitad delantera del soporte del filtro se enjuagaron y cepillado con acetona y se recogen en un frasco de vidrio etiquetados. El contenido de impingers 1 y 2, cristalería conexión, y enjuagues de agua se recogieron en un contenedor de muestras de polipropileno para el análisis de NH_3.

Análisis de las muestras. Para NH_3 se utilizó el contenido de impingers 1, 2 y los enjuagues se analizaron por cromatografía iónica (IC) método EPA 27.

Los parámetros que se controlan y se registran para garantizar los objetivos de calidad de datos para las pruebas de funcionamiento son los siguientes.

- Frecuencias de muestreo isocinético de 100 ± 10%
- Volúmenes de muestra ≥ 0,85 dscm (30 DSCF)
- Prueba de fugas ≤ 0.566 lpm (0,02 DSCFM) al vacío de funcionamiento máximo
- Tubo Pitot comprobación de fugas ≥ 750 Pa (3 pulgadas WC)
- Muestreo temperaturas de salida del tren ≤ 20 °C

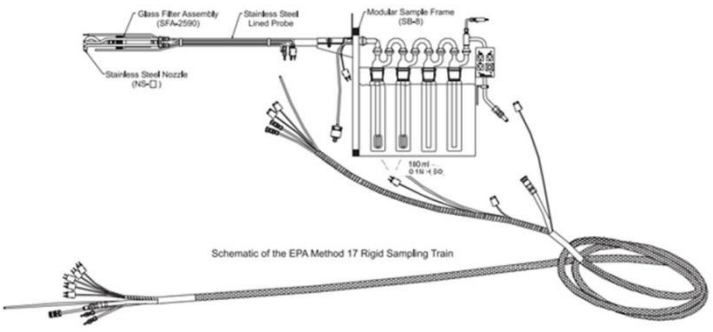


FIGURA 4. Ensamblaje tren de muestreo EPA 27

5.4 DIOXINAS Y FURANOS - EPA Método 23

CESTTA, Utilizó en método de referencia EPA 23 para determinar las emisiones de dioxinas y furanos procedentes de los hornos de cemento. El Método 23 se llevó a cabo de conformidad con todos los requisitos de control de calidad aplicables de EPA.

Recogida de muestra. La muestra para dioxinas y furanos se retiró isocinéticamente de la fuente usando el método EPA 23. El tren de muestreo consistió en una boquilla de vidrio, una sonda de vidrio revestida y calentada, un filtro de fibra de vidrio pre tratado mantenido por encima de la temperatura del gas de la chimenea, un condensador enfriado por agua, una trampa de sorbente que contiene resina XAD-2, cinco impingers refrigerados, y una consola de dosificación. El condensador refrigerado por agua y trampa de sorbente se dispusieron en una manera que permite la condensación se escurra verticalmente a través de la trampa. El gas que entra la trampa se mantuvo por debajo de 20 ° C. El primer impactador se utilizó vacío, la segunda y tercera zona de choque contenían cada uno 100 ml de agua DI, el cuarto estaba vacío, y el quinto contenía silica gel previamente pesado. Grasas de sellado no se han utilizado en cualquier parte del tren de muestreo. La resina XAD-2 fue adquirida pre-limpiada. La trampa de sorbente, se cargó con 20 a 30 gramos de la resina de pre- limpieza. Se tuvo cuidado para asegurar que la temperatura de la resina no exceda de 50 °C antes y después de la recogida de muestras para evitar la descomposición de resina. El tiempo entre la carga de la trampa y el uso en el campo se redujo al mínimo.

Recuperación de la muestra. A la conclusión de cada serie, El tren de toma de muestra se selló y se transportó al laboratorio móvil CESTTA. Cada impactador y la trampa XAD-2 fueron ponderados antes y al final de cada ejecución de prueba. El volumen de vapor de agua condensada en los impingers, el volumen de vapor de agua recogida en la resina XAD-2 y el de silica gel se resumió y entró en cálculos de contenido de humedad. Todos los componentes de la muestra-expuestas del tren de muestreo se enjuagaron con acetona, tolueno, acetona y finalmente (desechado). Los contenedores de muestras de cada ensayo fueron los siguientes.

Contenedor 1 - filtro (s)

- Contenedor 2 - Enjuagues de boquilla, sonda, soporte del filtro, condensador, y cristalería conectar con acetona
- Contenedor 3 - Enjuague de la boquilla, sonda, soporte del filtro, condensador, y cristalería conectar con tolueno
- Contenedor 4 - XAD-2 y el cartucho de resina

El blanco de cada lote de disolventes utilizado se guarda para el análisis final. Los enjuagues se evaporaron en vasos de precipitados especiales recubiertas con carbón activado. Todos los compuestos dioxinas - furanos fueron absorbidos en el carbón activado. Los vasos de precipitados se almacenan en bolsas selladas. Este paso era necesario para permitir

una menor carga de las muestras de Azogues a EE. UU. Se extrajeron las muestras para el análisis por CESTTA dentro de 2 días después de la toma de muestras.

Análisis de las muestras. El filtro (s), resina XAD-2, acetona, tolueno y enjuagues se analizaron para tetra-octa (4-8) PCDD-PCDF de acuerdo con el Método 23 de la EPA con cromatografía de gases de alta resolución / espectrometría de masas de alta resolución (HRGC / HRMS). Todos los extractos de una carrera se combinaron, y el volumen se redujo a 1 ml resultante en un extracto por carrera de la cual se analizó una alícuota.

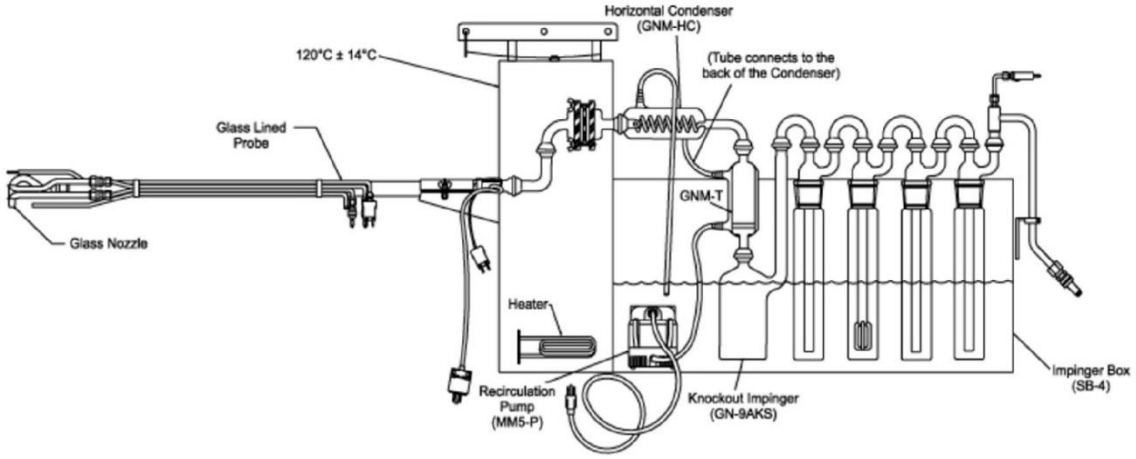


FIGURA 5. Ensamblaje tren de muestreo EPA 23

5.5 METALES - EPA método 29

La concentración y las tasas de emisión de metales (Sb, As, Ni, Mn, Pb, Cr, V, Co, Cu, Cd, Tl, Hg, Zn, Se y Sn) se llevaron a cabo usando EPA método 29. El tiempo de ejecución de la prueba fue de una hora: Las muestras fueron analizadas por CESTTA. **Colección de muestra.** Se extrajeron muestras isocinéticamente de la fuente usando el método EPA 29. El tren de muestreo consistió en una sonda de cristal climatizada, un tubo pitot tipo S adjunto, un filtro, seis impingers refrigerados, y una consola de medición. La muestra de material particulado se recoge en un filtro de cuarzo que se mantiene a una temperatura de 120 ± 12 °C. El primero y segundo impingers contenían 100 ml de ácido nítrico al 5% (HNO_3) / peróxido de hidrógeno al 10% (H_2O_2), el tercero estaba vacío, el cuarto y quinto contenía 100 ml de 4% de permanganato de Potasio ($KMnO_4$) / ácido sulfúrico al 10% (H_2SO_4) solución absorbente, y el sexto silica gel previamente pesada.

Recuperación de la muestra.

Se utiliza pinzas, espátula recubierta de Teflón para quitar el filtro del soporte y colocarlo en una caja Petri. El volumen de vapor de agua condensada en el impingers y el volumen de vapor de agua recogida en la silica gel se resumió y entró en cálculos de contenido de humedad. La boquilla, sonda, y la parte delantera de la mitad del soporte del filtro se enjuagaron con 100 ml de HNO_3 0,1 N en un frasco de vidrio. Un cepillo de Teflón se utilizó para la limpieza de la sonda. La parte posterior-medio del soporte del filtro y los primero y segundo impingers se enjuagaron con 100 ml de HNO_3 0,1 N en un frasco de muestras limpia con el contenido de los dos primeros elementos de choque. El contenido de los cuarto y quinto impinger's se recogieron en un recipiente de la muestra junto con enjuagues por triplicado de 100 ml acidificado fresco $KMnO_4$ y 100 ml de agua DI. Cualquier depósito $KMnO_4$ residuales se eliminaron con una solución de 8N de HCl.

Análisis de muestra. La primera medida de los enjuagues de HNO_3 se evaporó hasta sequedad en un vaso de precipitados. Al material particulado del filtro se adiciona 3 ml de HNO_3 concentrado y 5 ml de HF concentrado en un vaso de precipitación. Las muestras fueron digeridas en una placa calefactora hasta que humos marrones eran evidentes, lo que indica la destrucción de la materia orgánica. Después de la adición de HNO_3 concentrado, a los impingers se evaporaron hasta casi sequedad en vasos de precipitación en una placa calefactora. Después de enfriar, se añadieron 3 ml de HNO_3 concentrado y 5 ml de HF concentrado para los vasos, y las muestras se echaba humo sobre una placa caliente para destruir los residuos orgánicos. El filtro preparado y muestras de reactivos HNO_3/H_2O_2 se combinaron, se llevó a un volumen final de 100 ml con 10% de HNO_3, y se analizaron; para el mercurio se utilizó un analizador de mercurio CETAC M-7600 y de los otros metales en un Thermo Scientific ICAP 6000.

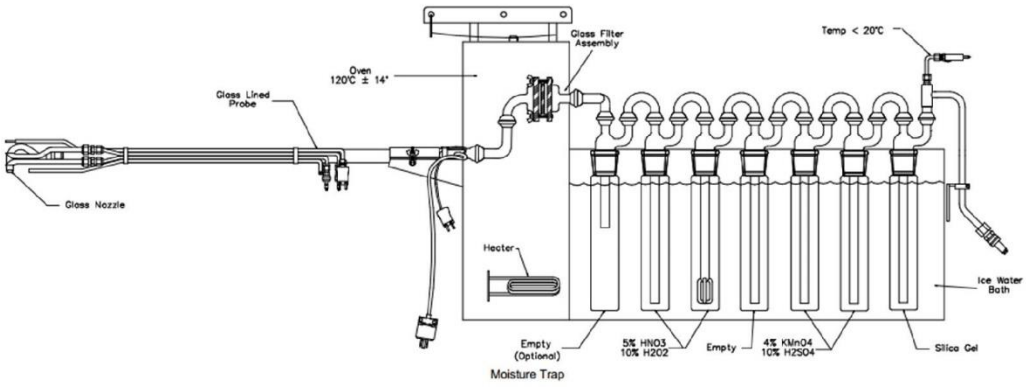


FIGURA 6. Ensamblaje tren de muestreo EPA 29

5.6 BENCENO - EPA Método 18

Recogida de muestras. El benceno se recogió en Tenax tubos adsorbentes de carbón activado. Dos sistemas de muestreo fueron operados en paralelo, uno que contiene un tubo de media frente a punta y una que contiene un tubo de media frente no enriquecida. Cada sistema de muestreo consistió en (1) una sonda de muestreo, (2) un impactador condensado, (3) Tubo de media frente, (2) de nuevo medio tubo (3) de la línea de muestreo de Teflón, (4) orificio crítico, (5) manómetro de vacío, y (6) de la bomba de vacío. El sistema se hizo funcionar por encima del vacío crítico para asegurar la velocidad crítica a través del orificio. Las temperaturas y presiones de operación se registraron para calcular los volúmenes de las muestras estandarizadas. **Recuperación de la muestra.** Después de la ejecución de la prueba, los tubos fueron sellados y etiquetados, y se registraron los números de identificación del tubo. Los análisis de muestra. Los tubos de carbón activado son desorbidos con disulfuro de carbono benceno y se analizaron con un cromatógrafo de gases y detector de ionización de llama.

5.7 SO2, NOX, CO, y COVs - EPA MÉTODOS 6C, 7E, 10 y 25A

El sistema de medición de SO_2, NO_X, CO, COVs y consistía en un sistema de adquisición de la muestra, los analizadores de gas individuales, y un sistema de adquisición de datos (DAS). COV se midieron como hidrocarburos totales. El Sistema de obtención de la muestra incluyó una sonda calentada a temperatura de la chimenea, un filtro calentado para la eliminación de las partículas filtrables, línea de teflón, un sistema de eliminación de la humedad, una bomba, y una placa de colector de gas. Todos los componentes del sistema de adquisición de muestra que este en contacto con la muestra de gas se construyen de acero inoxidable Tipo 316, de vidrio o teflón. Todos los componentes del sistema de muestreo corriente arriba del analizador de hidrocarburos totales se calentaron a 120 ± 12 °C. La sonda, filtro calentado, y las temperaturas de línea muestra calentada se monitorearon durante toda la prueba. La chimenea fue atravesada, y el gas de muestra se extrajo continuamente a una velocidad constante (±10%) durante cada ejecución de cada prueba. El material particulado filtrable y la humedad fueron retirados de la corriente de gas. Después del acondicionamiento, la muestra fue transportada a través de la placa de colector de distribución para la entrega a cada analizador de emisiones. La configuración del sistema de adquisición de muestreo permite la inyección de patrones de gas directamente a los analizadores y a través de todo el sistema de muestreo. Los gases de calibración entran en el sistema de toma de muestras entre la sonda y el filtro calentado fuera de la chimenea. Los procesos de calibración pre-test y post-test se realizaron como se describe en los métodos aplicables de EPA. Todos los estándares de gas se prepararon de acuerdo a los métodos de ensayo utilizando procedimientos de Protocolo de la EPA. Las copias del certificado de documentos de análisis para las normas de gases utilizados durante el programa de pruebas se proporcionan en el anexo de certificados.

La Tabla 22 describe los analizadores específicos que se utilizaron Durante el programa de pruebas.

Tabla 2. Analizadores programa de prueba				
Parámetro	Manofactura	Modelo	Principio de medición	Alcance nominal
SO_2	HORIBA	PG 350	Método de absorción infrarrojo no dispersivo NFIR	0-200/500/1000/3000ppm
NO_X	HORIBA	PG 350	Método detección de quimioluminiscencia	0-25/50/100/250/500/1000/2500ppm
CO	HORIBA	PG 300	Método de absorción infrarrojo no dispersivo NFIR	0-200/500/1000/2000/5000ppm
VOCs (THC)	SRI	8610C	Detección por ionización de llama	0-100 m

Fuente: Laboratorio CESSTA

6 DESCRIPCIÓN DE LA UBICACIÓN DE MUESTREO

6.1 HORNO F7

El Laboratorio CESTTA, llevo a cabo las pruebas de emisión en la plataforma de muestreo de la chimenea situada 8,32 diámetros de chimenea corriente abajo de la perturbación cercana y 5,96 diámetros de chimenea corriente arriba de la perturbación más cercana (descarga de chimenea).

En las Figuras 6 y 7 se muestra la vista lateral y croquis de la ubicación del plan de muestreo. Como se indica en la figura 5, se utilizó un total de doce puntos transversales durante la prueba de la chimenea del horno. En base a un ángulo máximo de flujo ciclónico de 6 grados, la ubicación de los puntos de muestreo es satisfactoria según los requisitos del método 1, con respecto a la falta de flujo ciclónico significativo. En consecuencia, los procedimientos de muestreo estándar eran apropiados.

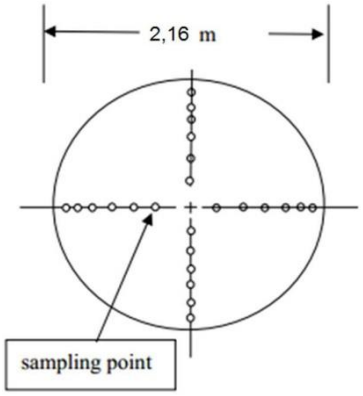


FIGURA 7. Vista lateral y puntos de muestreo (Horno F7)

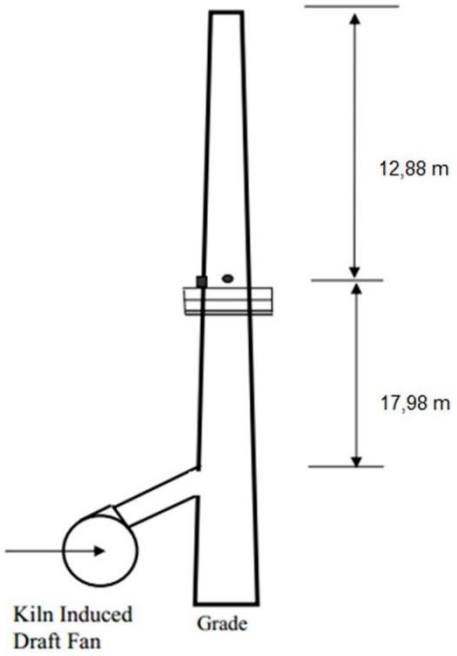


FIGURA 8. Evaluación lateral de la plataforma de muestreo (Horno F7)

7 PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD

7.1 FLUJO VOLUMÉTRICO TASA - EPA Método 1, 2, 3A y 4

La Tabla 23 presenta algunos de los resultados de control de calidad para los métodos EPA 1 a 4.

Tabla 3. Método 1 - Resultados de control de calidad		
Parámetro	Horno F7	Requisito
Distancia corriente arriba de la perturbación	8,32	> 2 diámetros de chimenea
Distancia corriente abajo de la perturbación	5,96	> 0,5 diámetros de chimenea
Comprobación de flujo ciclónico	6°	La media del ángulo <20

7.2 MATERIAL PARTICULADO Y HCL - EPA MÉTODO 5 Y 26A

La Tabla 2 4 presentan los resultados de control de calidad para la EPA Métodos 5 y 26A.

Tabla 24. M étodo 5/26A - Resultados de control de calidad / Horno F7

Parámetro	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino						Requisito
				Muestra 1			Muestra 2			
	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	
Comprobar fugas| Manómetro	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Lib re de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Fugas> 750 Pa (3 in. WC)
Post-test Comprobación del sistema de muestreo prueba de fugas	0,0lpm a 34 kPa	0,0lpm a 34 kPa	0,0lpm a 34 kPa	0,0lpm a 34 kPa	0,0lpm a 34 kPa	0,0lpm a 34 kPa	0,0lpm a 34 kPa	0,0lpm a 34 kPa	0,0lpm a 34 kPa	<0566 lpm (0,02 DSCFM) (o <4% tasa de muestreo) a la máxima aspiración de muestreo
Frecuencia de	91,0	98,5	96,5	100,9	101,9	99,2	101,4	100,7	100,1	90-110%
Temperatura de la sonda y filtro 1	117-110	119-116	122-118	125-117	122-118	121-118	123-120	120-119	122-118	120±14°C
Dry Gas Meter Factor de Calibración (γ), Inicial	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,95-1,05
Dry Gas Meter Factor de Calibración (γ), Final	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	Inicial γ ±5 %
Temperatura de salida Imp ing ers y Silica Gel	8°C (max)	12°C (max)	12°C (max)	8°C (max)	19°C (max)	14°C (max)	17°C (max)	13°C (max)	9°C (max)	<20°C
Recuperación d e Muestra	98,0%									90-110%

7.3 AMONIACO NH3 - EPA MÉTODO 27

La Tabla 25 presenta los resultados de control de calidad para la EPA Métodos 27.

Tabla 25. Método 27 - Resultados de control de calidad / / Horno F7

Parámetro	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino						Requisito
				Muestra 1			Muestra 2			
	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85 % del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	
Comprobar fugas Manómetro	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Fugas> 750 Pa (3 in. WC)
Post-test Comprobación del sistema de muestreo prueba de fugas	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	<0566 lpm (0,02 DSCFM) (o <4% tasa de muestreo) a la máxima aspiración de muestreo
Frecuencia de muestreo isocinético	91,0	98,5	96,5	100,9	101,9	99,2	101,4	100,7	100,1	90-110%
Temperatura de la sonda y filtro 1	117-110	119-116	122-118	125-117	122-118	121-118	123-120	120-119	122-118	120±14°C
Dry Gas Meter Factor de Calibración (γ), Inicial	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,95-1,05
Dry Gas Meter Factor de Calibración (γ), Final	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	Inicial γ ±5 %
Temperatura de salida Impingers y Silica Gel	8°C (max)	12°C (max)	12°C (max)	8°C (max)	19°C (max)	14°C (max)	17°C (max)	13°C (max)	9°C (max)	<20°C
Recuperación de Muestra	98,0%									90-110%

7.4 DIOXINAS Y FURANOS - EPA Método 23

La Tabla 26 presenta los resultados de control de calidad para la EPA Método 23.

Tabla 26. Método 23 - Resultados de control de calidad / / Horno F 7

Parámetro	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino						Requisito
				Muestra 1			Muestra 2			
	0 % de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100 % del NSE	0 % de NSE	85% del NSE	100 % del NSE	
Comprobar fugas Manómetro	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Fugas> 750 Pa (3 in. WC)
Post-test Comprobación del sistema de muestreo prueba de fugas	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	<0566 lpm (0,02 DSCFM) (o <4% tasa de muestreo) a la máxima aspiración de muestreo
Frecuencia de muestreo isocinético	99,5	97,6	92,4	99,5	101,9	102,0	98,9	103,7	102,1	90-110%
Temperatura de la sonda y filtro 1	123-117	122-117	121-118	126-120	121-119	122-118	120-118	123-119	123-119	120±14°C
Dry Gas Meter Factor de Calibración (γ), Inicial	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,95-1,05
Dry Gas Meter Factor de Calibración (γ), Final	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	Inicial γ ±5 %
Temperatura de salida Impingers y Silica Gel	18°C (max)	12°C (max)	15°C (max)	15°C (max)	14°C (max)	15°C (max)	17°C (max)	18°C (max)	12°C (max)	<20°C
Temperatura XAD	18°C (max)	12°C (max)	15°C (max)	15°C (max)	14°C (max)	15°C (max)	17°C (max)	18°C (max)	12°C (max)	<20°C
Muestra tiempo de espera, días	2	2	2	2	2	2	2	2	2	Menos de 45 días
XAD sustituto Recuperación estándar	89,1	82,3	83,0	81,1	85,5	89,2	87,6	84,4	87,2	70 a 130%
Extracción Recuperación estándar	65,4	64,2	71,0	66,7	78,8	80,9	83,8	56,3	80,2	40-130% Tetra Hexa 25-130%hepta y Octa

7.5 METALES - EPA método 29

La Tabla 27 presenta los resultados de control de calidad para la EPA Método 29.

Tabla 27. Método 29 - Resultados de control de calidad / / Horno F 7

Parámetro	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F 7 / Modo Directo / Sin Molino						Requisito
				Muestra 1			Muestra 2			
	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	
Comprobar fugas Manómetro	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Libre de Fugas	Fugas> 750 Pa (3 in. WC)
Post-test Comprobación del sistema de muestreo prueba de fugas	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	0,0l pm a 34 kPa	<0566 lpm (0,02 DSCFM) (o <4% tasa de muestreo) a la máxima aspiración de muestreo
Frecuencia de muestreo isocinético	99,4	99,8	96,1	101,9	101,7	103,1	103,2	97,8	101,7	90-110%
Temperatura de la sonda y filtro 1	121-116	119-117	123-119	122-118	121-119	121-119	120-115	121-118	121-119	120±14°C
Dry Gas Meter Factor de Calibración (γ), Inicial	1,015	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979	0,979
Dry Gas Meter Factor de Calibración (γ), Final	0,986	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985	0,985
Temperatura de salida Impingers y Silica Gel	10°C (max)	19°C (max)	10°C (max)	13°C (max)	16°C (max)	13°C (max)	14°C (max)	16°C (max)	13°C (max)	<20°C

7.6 BENCENO - EPA Método 18

La Tabla 28 presenta los resultados de control de calidad para la EPA Método 18.

Tabla2 8. Método 18 - Resultados de control de calidad / / Horno F7

Parámetro	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino					
				Muestra 1			Muestra 2		
	0 % de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100 % del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE
Comprobación del sistema de muestreo prueba de fugas	0,01 lpm a 23 in Hg	0,01 lpm a 23 in Hg	0,01 lpm a 23 in Hg	0,01 lpm a 23 in Hg	0,01 lpm a 23 in Hg	0,01 lpm a 23 in Hg	0,01 lpm a 23 in Hg	0,01 lpm a 23 in Hg	0,01 lpm a 23 in Hg
Sistema de Vacío	24in. Hg	24in. Hg	24in. Hg	24in. Hg	24in. Hg	24in. Hg	24in. Hg	24in. Hg	24in. Hg
Método de Blanco	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado	No detectado

7.7 SO2, NOX, CO, y COV - EPA MÉTODOS 6C, 7E, 10 y 25A

La Tabla 9 presenta los resultados de control de calidad para la EPA Métodos 6C, 7E, 10 y 25A.

Tabla 9. Métodos 6C, 7E y 10 - Resultados de control de calidad, horno F7

A. Test Results

1. Function and Operation ---------- Good
2. Performance (Note: %FS means percentage of full scale.)

A) Repeatability ---------- Good

Parameter	NOx	SO_2	CO	CO_2	O_2
Test range	25 ppm	200 ppm	200 ppm	10 vol %	5 vol%
Deviation	±0.1 %FS	0.0 %FS	±0.1 %FS	0.0 %FS	0.0 %FS
Criteria	within ±1.0 %FS (within ±0.5 %FS for higher conc, than 1000ppm of CO and 1OOppm of NOx)				

B) Linearity ---------- Good

Parameter	NOx	SO_2	CO	CO_2	O_2
Test range	2500 ppm	3000 ppm	5000 ppm	30 vol%	25 vol%
Deviation	-0.8 %FS	0.2 %FS	±0.1 %FS	0.4 %FS	0.2 %FS
Criteria	within ±2.0%FS				

C) Drift ---------- Good

Parameter	NOx	SO_2	CO	CO_2	O_2
Test range	25 ppm	200 ppm	200 ppm	10 vol %	5 vol%
Zero (/day)	-0.1 %FS	-0.2 %FS	-0.1 %FS	-0.9 %FS	0.0 %FS
Criteria	within ±1.0%FS/day (within ±2.0%FS/day for SO_2)				
Span (/day)	-0.1 %FS	0.6 %FS	0.7 %FS	0.3 %FS	0.4 %FS
Criteria	within ±1.0%FS/day (within ±2.0%FS/day for $SO2$)				

D) Response Time ---------- Good

Parameter	NOx	SO_2	CO	CO_2	O_2
Test range	25 ppm	200 ppm	200 ppm	10 vol%	5 vol%
Td	24 s	20 s	19 s	18 s	19 s
T90	7 s	16 s	9 s	9 s	11 s
Td+T90	31 s	36 s	28 s	27 s	30 s
Criteria(Td+T90)	smaller than 45s from sample inlet (smaller than 180s for $SO2$)				

Good

7.8 MANEJO DE MUESTRAS Y CADENA DE CUSTODIA

Los procedimientos estándar de EPA se utilizan para recuperar todas las muestras in situ. La recuperación de la muestra se realiza en un área libre de polvo proporcionada por Industrias Guapán. Todo el equipo de muestreo se selló para evitar la contaminación durante el transporte hacia y desde la zona de limpieza. Las muestras fueron etiquetadas de forma única inmediatamente después de la recuperación. Se mantuvo un registro de cadena de custodia de las muestras. Las muestras llegaron al laboratorio intacto, y no ha habido pérdida de muestra.

8 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Los resultados del programa de pruebas se proporcionan en la sección 5.1 a la sección 5.6. Las emisiones se presentan como condiciones normales, base seca (0 ° C y 101,3 kPa) corregidos a 7% de oxígeno (unidades de información de Estados Unidos), establecido en la Tabla 2: Niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera del Registro Oficial N° 439 Acuerdo Ministerial No. 048 NORMA TÉCNICA PARA EL COPROCESAMIENTO DE DESECHOS PELIGROSOS EN HORNOS CEMENTEROS.

8.1 RESULTADOS DE MATERIAL PARTICULADO Y HCl

La Tabla 30 presenta los datos de la prueba para el método de prueba EPA 5/26A

Tabla 30. Resultados de la prueba de emisiones de MP, HCL / Horno F7

Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino					
					Muestra 1			Muestra 2		
		0% del NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N / A	05-08-14	11-08-14	18-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14
Temperatura del Gas	° C	143,3	146,9	134,9	163,7	160,5	154,3	169,5	159,0	158,3
Oxígeno	Porcentaje	11,60	11,79	11,93	7,09	8,91	9,12	7,29	7,57	10,29
Humedad del Gas	Porcentaje	12,9	12,4	11,6	16,6	15,6	15,7	15,6	15,8	15,4
Velocidad del Gas	m / seg	18,26	19,21	20,06	13,83	14,05	15,51	13,90	14,25	16,84
Volumétrico Normal	Nm3	0,765	1,388	0,923	2,759	2,884	1,601	2,783	2,896	1,745
Flujo Volumétrico	m3/min	4014	4223	4410	3041	3088	3410	3056	3133	3704
Flujo Volumétrico Normal	Nm3/min	1701	1785	1934	1176	1216	1361	1180	1236	1469
Frecuencia de muestreo isocinético	Porcentaje	91,0	98,5	96,5	100,9	101,9	99,2	101,4	100,7	100,1

Tasa de producción Clinker	Toneladas por hora	40,22	39,61	40,88	39,94	40,16	38,49	36,99	39,10	38,33
Cantidad de Material particulado	mg	23,2	35,7	22,9	74,8	76,1	45,5	84,8	78,6	46,60
Concentración de Material Particulado	mg/Nm^3	30,33	25,72	24,81	27,11	26,39	28,42	30,47	27,14	26,70
Concentración de Material Particulado	mg/Nm3 @ 7% O2	45,33	39,24	38,45	27,29	30,59	33,53	31,12	28,30	34,99
Tasa de emisión de Material Particulado	kg / hora	3,10	2,75	1,81	1,91	1,93	2,32	2,16	2,01	2,35
Factor de emisión de Material Particulado	kg / ton clinker	0,077	0,070	0,044	0,048	0,048	0,060	0,058	0,051	0,061
Cantidad de HCl	mg	0,348	2,03	0,212	16,4	17,4	2,05	15,4	17,3	2,35
Concentración de HCl	mg/Nm3	0,45	1,46	0,23	5,94	6,03	1,28	5,53	5,97	1,35
Concentración de HCl	mg/Nm3 @ 7% O2	0,68	2,23	0,36	5,98	7,00	1,51	5,65	6,23	1,76
Tasa de emisión de HCl	g / hora	46,43	156,64	16,76	419,42	440,33	104,56	391,78	443,15	118,70
Factor de emisión de HCl	g / ton clinker	1,15	3,95	0,40	10,50	10,96	2,72	10,59	11,33	3,09

8.2 RESULTADOS NH3

La Tabla 31 presenta los datos de la prueba para el método de prueba EPA 27

Tabla 31. Resultados de la prueba de emisiones de NH3 / Horno F7

Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino					
					Muestra 1			Muestra 2		
		0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N / A	05-08-14	11-08-14	18-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14
Temperatura del Gas	° C	143,3	146,9	134,9	163,7	160,5	154,3	169,5	159,0	158,3
Oxigeno	Porcentaje	11,60	11,79	11,93	7,09	8,91	9,12	7,29	7,57	10,29
Humedad del Gas	Porcentaje	12,9	12,4	11,6	16,6	15,6	15,7	15,6	15,8	15,4
Velocidad del Gas	m / seg	18,26	19,21	20,06	13,83	14,05	15,51	13,90	14,25	16,84
Volumétrico Normal	Nm3	0,765	1,388	0,923	2,759	2,884	1,601	2,783	2,896	1,745
Flujo Volumétrico	m3/min	4014	4223	4410	3041	3088	3410	3056	3133	3704
Flujo Volumétrico Normal	Nm3/min	1701	1785	1934	1176	1216	1361	1180	1236	1469
Frecuencia de muestreo isocinético	Porcentaje	91,0	98,5	96,5	100,9	101,9	99,2	101,4	100,7	100,1
Tasa de producción clinker	Toneladas por hora	40,22	39,61	40,88	39,94	40,16	38,49	36,99	39,10	38,33
Cantidad de NH3	mg	7,90	16,48	5,84	65,42	62,26	22,04	64,57	70,35	25,97
Concentración de	mg/Nm3	10,33	11,87	6,33	23,71	21.59	13,77	23,20	24,29	14,88
Concentración de NH3	mg/Nm3 @ 7% O2	15,43	18,12	9,80	23,87	25,03	16,24	23,70	25,33	19,50

Tasa de emisión de NH3	g/hora	1053,95	1271,62	734,21	1673,08	1575,07	1124,16	1642,67	1801,50	1311,75
Factor de emisión de NH3	g/ton clinker	26,20	32,10	40,88	41,89	39,22	29,21	44,41	46,07	34,22

8.3 RESULTADOS DIOXINAS Y FURANOS

La Tabla 32, 33, 34 y 35 presenta los datos de la prueba para el método de prueba EPA 23 Dioxinas y Furanos.

Tabla 32. Resultados de la prueba de emisiones de dioxinas-furanos / Horno F7

Parámetro	Unidades	Horno F 7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino					
					Muestra 1			Muestra 2		
		0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N / A	07-08-14	12-08-14	19-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14
Temperatura del Gas	° C	130,7	139,5	137,5	176,9	163,8	159,5	175,0	170,4	167,4
Oxigeno	Porcentaje	11,60	11,79	11,93	7,09	8,91	9,12	7,29	7,57	10,29
Humedad del Gas	Porcentaje	12,73	13,60	12,24	17,30	18,98	16,64	17,09	16,16	17,22
Velocidad del Gas	m / seg	18,14	18,92	19,12	15,50	16,14	15,45	12,57	15,49	14,85
Flujo Volumétrico	m3/min	3981	4159	4204	3408	3548	3397	2765	3407	3264
Flujo Volumétrico Normal	Nm3/min	1743	1763	1818	1268	1369	1325	1036	1304	1242
Frecuencia de muestreo isocinético	Porcentaje	99,5	97,6	92,4	99,5	101,9	102,0	98,9	103,7	102,1
Tasa de producción clinker	Toneladas por hora	35,77	40,16	38,99	40,61	40,83	39,10	41,39	40,72	39,16
Emisiones Dioxinas-Furanos	Ng I-TEQ/Nm^3@ 7 %O2	0,000000	0,0000105	0,0000175	0,000000	0,0000112	0,0000392	0,0000149	0,0000287	0,0000464

Tabla 33. Horno F7 - Datos de dioxinas y furanos / Escenario @ 0% de NSE (Línea Base)										
Dioxinas Furanos Congénere	I-TEFs	coger pg			Tasa de Emisión TEQ g/hr			TEQ/Concentración ng/Nm^3@7%O^2		
		Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1	Modo Directo / Sin Molino		Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1	Modo Directo / Sin Molino		Modo Compuesto/ Con Molino Muestra 1	Modo Directo / Sin Molino	
			M1	M2		M1	M2		M1	M2
2,3,7,8 TCDD	1	(1.89)	(1.77)	(1.94)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDD	0,5	(1.88)	(2.09)	(2.5)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0,1	(1.89)	(1.7)	(1.97)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,1	(1.79)	(1.79)	(1.96)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9HxCDD	0,1	(2.01)	(1.85)	(2.25)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	0,01	(3.16)	(2.92)	(3.5)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
OCDD	0,001	(5.2)	[7.83]	11,1	0,00E+00	0,00E+00	9,08E-07	0,000000	0,000000	0,0000149
2,3,7,8 TCDF	0,1	(1.68)	(1.84)	(1.93)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDF	0,05	(1.26)	(1.24)	(1.51)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,7,8 PeCDF	0,5	(1.37)	(1.3)	(1.57)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDF	0,1	(1.34)	(1.52)	(1.62)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8HxCDF	0,1	(1.22)	(1.33)	(1.43)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,6,7,8HxCDF	0,1	(1.32)	(1.3)	(1.54)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9HxCDF	0,1	(1.89)	(2.15)	(2.18)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8HpCDF	0,01	(1.75)	(2.13)	(1.92)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0,01	(2.99)	(3.14)	(2.78)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
OCDF	0,001	(7.85)	(5.44)	(5.96)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
Emisiones totales Dioxinas		0	0	11,1	0,00E+00	0,00E+00	9,08E-07	0,000000	0,000000	0,0000149
Emisiones totales Furanos		0	0	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
Emisiones totales Dioxinas y Furanos		0	0	11,1	0,00E+00	0,00E+00	9,08E-07	0,000000	0,000000	0,0000149

Nota. Los corchetes indican el valor EMPC y paréntesis indican los límites de detección. De acuerdo con el Método 23 de la EPA, los valores por debajo de los límites de detección analíticos y EMPC no se incluyen en los totales.

Tabla 34. Horno F7 - Datos de dioxinas y furanos / Escenario @ 85% del NSE Meta (equivalente a un 17% de NSE)										
Dioxinas Furanos Congéneres	I-TEFs	coger pg			Tasa de Emisión TEQ g/hr			TEQ / Concentración ng/Nm^3@7%O^2		
		Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1	Modo Directo / Sin Molino		Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1	Modo Directo / Sin Molino		Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1	Modo Directo / Sin Molino	
			M1	M2		M1	M2		M1	M2
2,3,7,8 TCDD	1	(1.66)	(1.76)	(1.63)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDD	0,5	(1.74)	(2.01)	(1.64)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0,1	(1.89)	(1.66)	(1.5)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,1	(1.86)	(1.63)	(1.52)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9HxCDD	0,1	(2.06)	(1.73)	(1.62)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	0,01	(2.71)	(2.45)	2,76	0,00E+00	0,00E+00	2,15E-07	0,000000	0,000000	0,000029
OCDD	0,001	5,88	9,97	[16.9]	7,31E-07	7,92E-07	0,00E+00	0,0000105	0,0000112	0,0000000
2,3,7,8 TCDF	0,1	(1.57)	(1.46)	(1.5)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDF	0,05	(1.14)	(1.1)	(1.07)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,7,8 PeCDF	0,5	(1.26)	(1.18)	(1.15)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDF	0,1	(1.24)	(1.48)	(1.33)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8HxCDF	0,1	(1.1)	(1.37)	(1.2)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,6,7,8HxCDF	0,1	(1.09)	(1.32)	(1.15)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9HxCDF	0,1	(1.63)	(1.95)	(1.5)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8HpCDF	0,01	(1.67)	(1.48)	(1.4)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0,01	(2.3)	(2.19)	(1.93)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
OCDF	0,001	(4.34)	(5.2)	(3.86)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
Emisiones totales Dioxinas		5,88	9,97	2,76	7,31E-07	7,92E-07	2,15E-07	0,0000105	0,0000112	0,0000287
Emisiones totales Furanos		0	0	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
Emisiones totales Dioxinas y Furanos		5,88	9,97	2,76	7,31E-07	7,92E-07	2,15E-07	0,0000105	0,0000112	0,0000287
1,2,3,6,7,8 HxCDD		0,1	(1.86)	(1.63)	(1.52)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000

Nota. Los corchetes indican el valor EMPC y paréntesis indican los límites de detección. De acuerdo con el Método 23 de la EPA, los valores por debajo de los límites de detección analíticos y EMPC no se incluyen en los totales.

Tabla 35. Horno F7 -
Datos de dioxinas y furanos / Escenario @ 100% del NSE Meta (equivalente a un 20% de NSE)

Dioxinas Furanos Congéneres	I-TEFs	coger pg			Tasa de Emisión TEQ g/hr			TEQ / Concentración ng/Nm ^{3}@7%O^2		
		Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1	Modo Directo / Sin Molino		Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1	Modo Directo / Sin Molino		Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1	Modo Directo / Sin Molino	
			M1	M2		M1	M2		M1	M2
2,3,7,8 TCDD	1	(2.06)	(1.41)	(1.41)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDD	0,5	(2.48)	(1.45)	(1.45)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDD	0,1	(1.99)	(1.48)	(1.48)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8 HxCDD	0,1	(2.14)	(1.59)	(1.59)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9HxCDD	0,1	(2.24)	(1.74)	(1.74)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	0,01	(2.82)	3,33	3,33	0,00E+00	2,64E-07	2,64E-07	0,000000	0,000039	0,000046
OCDD	0,001	9,36	[15.7]	[15.7]	1,23E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,0000175	0,0000000	0,0000000
2,3,7,8 TCDF	0,1	(1.61)	(1.65)	(1.65)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8 PeCDF	0,05	(1.26)	(1.23)	(1.23)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,7,8 PeCDF	0,5	(1.3)	(1.29)	(1.29)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8 HxCDF	0,1	(1.65)	(1.35)	(1.35)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,6,7,8HxCDF	0,1	(1.51)	(1.25)	(1.25)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
2,3,4,6,7,8HxCDF	0,1	(1.44)	(1.13)	(1.13)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,7,8,9HxCDF	0,1	(2.14)	(1.71)	(1.71)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,6,7,8HpCDF	0,01	(2.35)	(1.51)	(1.51)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0,01	(2.93)	(2.19)	(2.19)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
OCDF	0,001	(6.75)	(5.03)	(5.03)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
Emisiones totales Dioxinas		9,36	3,33	3,33	1,23E-06	2,64E-07	2,64E-07	0,0000175	0,0000392	0,0000464
Emisiones totales Furanos		0	0	0	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,000000	0,000000	0,000000
Emisiones totales Dioxinas y Furanos		9,36	3,33	3,33	1,23E-06	2,64E-07	2,64E-07	0,0000175	0,0000392	0,0000464

Nota. Los corchetes indican el valor EMPC y paréntesis indican los límites de detección. De acuerdo con el Método 23 de la EPA, los valores por debajo de los límites de detección analíticos y EMPC no se incluyen en los totales.

8.4 RESULTADOS DE METALES

La Tabla 36 presenta los datos de prueba para el método EPA 29.

Tabla 36. Resultados de la prueba de emisiones de Metales / Horno F7

Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino					
					Muestra 1			Muestra 2		
		0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% de NSE
Fecha	N / A	05-08-14	11-08-14	18-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14
Temperatura del Gas	° C	136,4	147,8	126,4	177,3	156,3	158,5	178,8	156,7	158,7
Oxigeno	Porcentaje	11,6	11,79	11,93	7,09	8,91	9,12	7,29	7,57	10,29
Humedad del Gas	Porcentaje	13,1	11,90	12,6	14,9	15,8	16,6	14,6	15,9	17,2
Volumen muestreado	Nm3	0,902	0,868	0,852	0,651	0,772	0,666	0,648	0,730	0,658
Velocidad del Gas	m / sec	19,43	18,89	18,41	15,35	17,59	15,20	15,11	17,34	15,34
Flujo Volumétrico	m3/min	4272	4153	4048	3374	3867	3342	3322	3812	3373
Flujo volumétrico Normal	Nm3/min	1835	1759	1793	1291	1535	1307	1271	1511	1309
Frecuencia de muestreo isocinética	Porcentaje	99,4	99,8	96,1	101,9	101,7	103,1	103,2	97,8	101,7
Tasa de producción clinker	Toneladas por hora	39,38	39,16	38,38	41,16	40,05	37,49	41,44	40,72	35,88
Concentración de Mercurio (Hg)	mg/Nm3	0,0011	0,0011	0,0010	0,0046	0,0012	0,0083	0,0055	0,0023	0,0021
Concentración de Mercurio (Hg)	mg/Nm3 @ 7% de O2	0,0016	0,0017	0,0015	0,0046	0,0014	0,0098	0,0057	0,0024	0,0028
Tasa de emisión de Mercurio (Hg)	g/ hr	0,12	0,12	0,10	0,36	0,11	0,64	0,42	0,21	0,16
Factor de emisión de Mercurio (Hg)	lbs /MM ton clinker	6,75	6,64	5,95	19,14	6,30	38,14	22,50	11,43	10,17

Concentración de Antimonio (Sb)	mg/Nm3	<0,0067	<0,0069	<0,0070	<0,0092	<0,0078	<0,0090	<0,0093	<0,0082	<0,0091
Concentración de Antimonio (Sb)	mg/Nm3 @ 7% de O2	<0,0099	<0,0105	<0,0109	<0,0093	<0,0090	<0,0106	<0,0095	<0,0086	<0,011
Tasa de emisión de Antimonio (Sb)	g /hr	<0,73	<0,73	<0,76	<0,71	<0,72	<0,70	<0,71	<0,74	<0,71
Factor de emisión de Antimonio (Sb)	lbs /MM ton clinker	<41,00	<41,07	<43,52	<38,24	<39,40	<41,54	<37,56	<40,34	<44,00
Concentración de Arsénico (As)	mg/Nm3	<0,0111	<0,0115	<0,0117	<0,0154	<0,0130	<0,0150	<0,0154	<0,0137	<0,0152
Concentración de Arsénico (As)	mg/Nm3 @ 7% de O2	<0,0166	<0,0176	<0,0182	<0,0155	<0,0150	<0,0177	<0,0158	<0,0143	<0,0199
Tasa de emisión de Arsénico (As)	g / hr	<1,22	<1,22	<1,26	<1,19	<1,19	<1,18	<1,17	<1,24	<1,19
Factor de emisión de Arsénico (As)	lbs /MM ton clinker	<68,33	<68,45	<72,53	<63,73	<65,67	<69,24	<62,61	<67,23	<73,34
Concentración de Estaño (Sn)	mg/Nm3	<0,0111	<0,0115	<0,0117	<0,0154	<0,0130	<0,0150	<0,0154	<0,0137	<0,0152
Concentración de Estaño (Sn)	mg/Nm3 @ 7% de O2	<0,0166	<0,0176	<0,0182	<0,0155	<0,0150	<0,0177	<0,0158	<0,0143	<0,0199
Tasa de emisión de Estaño (Sn)	g / hr	<1,22	<1,22	<1,26	<1,19	<1,19	<1,18	<1,17	<1,24	<1,19
Factor de emisión de Estaño (Sn)	lbs /MM ton clinker	<68,33	<68,45	<72,53	<63,73	<65,67	<69,24	<62,61	<67,24	<73,34
Concentración de cadmio (Cd)	mg/Nm3	<0,0009	<0,0009	<0,0009	<0,0012	<0,0010	<0,0012	<0,0012	<0,0011	<0,0012
Concentración de cadmio (Cd)	mg/Nm3 @ 7% de O2	<0,0013	<0,0014	<0,0015	<0,0012	<0,0012	<0,0014	<0,0013	<0,0011	<0,0016
Tasa de emisión de cadmio (Cd)	g / hr	<0,097	<0,097	<0,10	<0,095	<0,095	<0,09	<0,094	<0,099	<0,09
Factor de emisión de cadmio (Cd)	lbs /MM ton clinker	<5,47	<5,47	<5,80	<5,09	<5,25	<5,53	<5,01	<5,38	<5,86
Concentración de Cromo (Cr)	mg/Nm3	<0,0111	<0,0115	<0,0117	<0,0154	<0,0130	<0,0150	<0,0154	<0,0137	<0,0152
Concentración de Cromo (Cr)	mg/Nm3 @ 7% de O2	<0,0166	<0,0176	<0,0182	<0,0155	<0,0150	<0,0177	<0,0158	<0,0143	<0,0199
Tasa de emisión de Cromo (Cr)	g / hr	<1,22	<1,22	<1,26	<1,19	<1,19	<1,18	<1,17	<1,24	<1,19
Factor de emisión de	lbs /MM ton	<68,33	<68,45	<72,53	<63,73	<65,67	<69,24	<62,61	<67,24	<73,34

Cromo (Cr)	clinker									
Concentración de cobalto (Co)	mg/Nm3	<0,0111	<0,0115	<0,0117	<0,0154	<0,0130	<0,0150	<0,0154	<0,0137	<0,0152
Concentración de cobalto (Co)	mg/Nm3 @ 7% de O2	<0,0166	<0,0176	<0,0182	<0,0155	<0,0150	<0,0177	<0,0158	<0,0143	<0,0199
Tasa de emisión de cobalto (Co)	g / hr	<1,22	<1,22	<1,26	<1,19	<1,19	<1,18	<1,17	<1,24	<1,19
Factor de emisión de cobalto (Co)	lbs /MM ton clinker	<68,33	<68,45	<72,53	<63,73	<65,67	<69,24	<62,61	<67,24	<73,34
Concentración de Cobre (Cu)	mg/Nm3	0,014	0,0359	0,0556	0,137	0,116	0,218	0,127	0,1128	0,219
Concentración de Cobre (Cu)	mg/Nm3 @ 7% de O2	0,021	0,0548	0,0862	0,138	0,134	0,257	0,129	0,1176	0,287
Tasa de emisión de Cobre (Cu)	g / hr	1,51	3,79	5,98	10,65	10,68	17,08	9,68	10,22	17,21
Factor de emisión de Cobre (Cu)	lbs /MM ton clinker	84,74	213,57	343,80	570,34	587,69	1004,71	515,39	553,51	1057,58
Concentración de Plomo (Pb)	mg/Nm3	<0,0055	0,0060	0,0130	<0,0077	0,0119	0,0483	<0,0077	0,0123	0,0637
Concentración de Plomo (Pb)	mg/Nm3 @ 7% de O2	<0,0083	0,0092	0,0201	<0,0077	0,0138	0,0569	<0,0079	0,0128	0,0835
Tasa de emisión de Plomo (Pb)	g / hr	<0,61	0,64	1,39	<0,59	1,09	3,78	<0,59	1,11	5,00
Factor de emisión de Plomo (Pb)	lbs /MM ton clinker	<34,17	35,88	80,06	<31,86	60,51	222,55	<31,30	60,39	307,44
Concentración de Manganeso (Mn)	mg/Nm3	0,1787	0,0902	0,096	0,147	0,172	0,229	0,141	0,139	0,170
Concentración de Manganeso (Mn)	mg/Nm3 @ 7% de O2	0,2671	0,1376	0,149	0,148	0,199	0,270	0,144	0,146	0,223
Tasa de emisión de Manganeso (Mn)	g / hr	19,68	9,52	10,40	11,39	15,80	17,96	10,79	12,68	13,37
Factor de emisión Manganeso (Mn)	lbs /MM ton clinker	1101,67	535,99	597,66	610,47	869,88	1055,95	574,13	686,51	821,42
Concentración de Níquel (Ni)	mg/Nm3	<0,0111	<0,0115	<0,0117	<0,0154	<0,0130	<0,0150	<0,0154	<0,0137	<0,0152
Concentración de Níquel (Ni)	mg/Nm3 @ 7% de O2	<0,0166	<0,0176	<0,0182	<0,0155	<0,0150	<0,0177	<0,0158	<0,0143	<0,0199

Tasa de emisión de Níquel (Ni)	g / hr	<1,22	<1,22	<1,26	<1,19	<1,19	<1,18	<1,17	<1,24	<1,19
Factor de emisión Níquel (Ni)	lbs /MM ton clinker	<68,33	<68,45	<72,53	<63,73	<65,67	<69,24	<62,61	<67,24	<73,34
Concentración de Selenio (Se)	mg/Nm3	<0,0111	<0,0115	<0,0117	0,0225	0,0336	0,0952	0,0216	0,0458	0,0823
Concentración de Selenio (Se)	mg/Nm3 @ 7% de O2	<0,0166	<0,0176	<0,0182	0,0226	0,0389	0,1123	0,0221	0,0477	0,1078
Tasa de emisión de Selenio (Se)	g / hr	<1,22	<1,22	<1,26	1,74	3,09	7,46	1,65	4,14	6,46
Factor de emisión Selenio (Se)	lbs /MM ton clinker	<68,33	<68,45	<72,53	93,30	170,22	438,97	87,77	224,58	396,95
Concentración de Talio (Tl)	mg/Nm3	0,0133	0,0251	0,0262	0,0224	0,0277	0,0358	0,0210	0,0302	0,0377
Concentración de Talio (Tl)	mg/Nm3 @ 7% de O2	0,0198	0,0383	0,0405	0,0226	0,0321	0,0422	0,0215	0,0315	0,0494
Tasa de emisión de Talio (Tl)	g / hr	1,46	2,65	2,81	1,73	2,55	2,81	1,60	2,73	2,96
Factor de emisión Talio (Tl)	lbs /MM ton clinker	81,82	149,21	161,69	93,05	140,39	164,98	85,21	148,31	181,99
Concentración de Vanadio (V)	mg/Nm3	0,0081	0,0010	0,0032	0,0140	0,0086	0,0128	0,0144	0,0081	0,0133
Concentración de Vanadio (V)	mg/Nm3 @ 7% de O2	0,0120	0,0015	0,0049	0,0141	0,010	0,0151	0,0147	0,0085	0,0174
Tasa de emisión de Vanadio (V)	g / hr	0,88	0,11	0,34	1,09	0,79	1,00	1,09	0,73	1,04
Factor de emisión Vanadio (V)	lbs /MM ton clinker	49,69	5,92	19,73	58,21	43,78	59,00	58,41	39,83	63,96
Concentración de Zinc (Zn)	mg/Nm3	0,0791	0,0506	0,0477	0,152	0,0899	0,105	0,146	0,0726	0,1032
Concentración de Zinc (Zn)	mg/Nm3 @ 7% de O2	0,1182	0,0772	0,0739	0,153	0,1043	0,124	0,149	0,0757	0,1352
Tasa de emisión de Zinc (Zn)	g / hr	8,71	5,34	5,12	11,75	8,28	8,26	11,12	6,57	8,10
Factor de emisión Zinc (Zn)	lbs /MM ton clinker	487,50	300,80	294,53	629,62	455,93	485,94	591,73	356,21	498,13

Nota. Los valores por debajo de los límites de detección se indican como ceros.

8.5 RESULTADOS BENCENO

La tabla 37 presenta los datos de la EPA Método 18 pruebas de emisión de benceno. Las emisiones de benceno son bajas. Las cantidades de benceno son recogidas por encima del límite mínimo detectable y por debajo del límite de cuantificación y por lo tanto se consideran estimaciones.

Tabla 37. Resultados de la prueba de emisiones de Benceno / Horno F7

Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin					
					Muestra 1			Muestra 2		
		0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N/A	05-08-14	11-08-14	18-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14
Temperatura del Gas	° C	130,7	139,5	137,5	176,9	163,8	159,5	175,0	170,4	167,4
Oxigeno	Porcentaje	11,60	11,79	11,93	7,09	8,91	9,12	7,29	7,57	10,29
Humedad del Gas	Porcentaje	12,73	13,60	12,24	17,30	18,98	16,64	17,09	16,16	17,22
Velocidad del Gas	m / sec	18,14	18,92	19,12	15,50	16,14	15,45	12,57	15,49	14,85
Flujo volumétrico	m3/min	3981	4159	4204	3408	3548	3397	2765	3407	3264
Flujo volumétrico Normal	Nm3/min	1743	1763	1818	1268	1369	1325	1036	1304	1242
Volumen de gas muestreado	Nm3	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Tasa de producción clinker	Toneladas por hora	34,65	38,94	39,27	39,94	40,05	38,33	18,47	40,72	37,49
Cantidad Benceno	µg	6,35	9,14	8,90	2,66	10,08	23,89	18,38	17,40	17,40
concentración de Benceno	mg/Nm3	0,106	0,152	0,148	0,044	0,168	0,398	0,306	0,290	0,106
concentración de Benceno	mg/Nm3 @ 7% O2	0,158	0,232	0,229	0,044	0,195	0,470	0,313	0,302	0,139
Emisiones de Benceno	g/hora	11,09	16,08	16,14	3,35	13,80	31,64	19,02	22,69	7,90

8.6 RESULTADOS DE THC, NOx, SO2 y CO

La tabla 38 presenta los datos de las pruebas de emisiones de COV, NOx, SO2 y CO. EPA Método 25 A se utilizó para medir los COV como hidrocarburos totales (THC) en fase húmeda. EPA Método 7E, 6C, y 10 se utilizaron para medir NOx, SO2 y CO, respectivamente.

Tabla 38. Resultados de la prueba de emisiones de THC, NOx , SO2, Y CO / Horno F7

Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino					
					Muestra 1			Muestra 2		
		0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N/A	05-08-14	11-08-14	18-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14
Temperatura del	°C	130,7	139,5	137,5	176,9	163,8	159,5	175,0	170,4	167,4
Oxigeno	Porcentaje	11,60	11,79	11,93	7,09	8,91	9,12	7,29	7,57	10,29
Dióxido de Carbono	Porcentaje	15,00	14,87	14,36	20,96	18,98	18,58	22,18	21,88	17,11
Humedad del Gas	Porcentaje	12,73	13,60	12,24	17,30	18,98	16,64	17,09	16,16	17,22
Velocidad del gas	m/sec	18,14	18,92	19,12	15,50	16,14	15,45	12,57	15,49	14,85
Flujo volumétrico	Nm^3/min	3981	4159	4204	3408	3548	3397	2765	3407	3264
Flujo volumétrico Normal	Nm^3/min	1743	1763	1818	1268	1369	1325	1036	1304	1242
Tasa de producción clinker	Toneladas por hora	39,38	40,22	40,88	36,99	40,33	38,49	39,72	40,83	37,49
Concentración THX	ppm	4,15	4,47	5,53	7,37	2,58	7,6	6,32	5,23	6,40
Concentraci ón THX (Hasta	mg/Nm^3	8,15	8,78	10,86	14,47	5,07	14,92	12,41	10,27	12,57
Concentraci ón THX (Hasta	mg/Nm^3@7 %O2	12,18	13,39	16,83	14,56	5,87	17,61	12,67	10,71	16,46
Emisión THX (as C_3H_8)	Kg/hr	0,85	0,93	1,18	1,10	0,42	1,19	0,77	0,80	0,94
Concentración NOx	ppm	216,9	355,3	324,9	389,7	536,6	296,0	585,3	579,7	277,8
Concentración NOx	3 mg/Nm	444,65	728,37	666,05	798,89	1100,03	606,80	1199,87	1188,39	569,49
Concentración NOx	mg/Nm^3@7 %O2	664,58	1111,34	1032,11	804,09	1275,26	716,00	1225,43	1239,20	746,08
Emisión NOx	Kg/hr	46,50	77,05	72,65	60,78	90,36	48,24	74,58	92,98	42,44

Concentración SO_2	ppm	0	0,3	1,3	0	14,4	72,6	0	13,6	59,8
Concentración SO_2	mg/Nm^3	0,00	0,86	3,72	0,00	41,18	207,64	0,00	38,90	171,03
Concentración SO_2	mg/Nm^3@7 %O_2	0,00	1,31	5,76	0,00	47,74	245,00	0,00	40,56	224,06
Emisión SO_2	Kg/hr	0,00	0,09	0,41	0,00	3,38	16,51	0,00	3,04	12,75
Concentración CO	ppm	860,7	740,1	677,0	1891,9	1033,0	3833,1	1223,6	1518,2	2954,9
Concentración CO	mg/Nm^3	1075,88	925,13	846,25	2364,88	1291,25	4791,38	1529,50	1897,75	3693,63
Concentración CO	mg/Nm^3@7 %O_2	1608,03	1411,55	1311,36	2380,29	1496,95	5653,66	1562,09	1978,90	4838,96
Emisión CO	Kg/hr	112,52	97,86	92,31	179,92	106,06	380,91	95,07	148,48	275,25

8.7 RESULTADOS DE MUESTRAS DE CORRIENTES SÓLIDAS DE PROCESO

La tabla 39 presenta los resultados de los análisis de metales en las muestras de polvo de la casa de bolsas durante el protocolo de pruebas, respectivamente.

Tabla 39. Resultados de la Muestra de Polvo de la casa de Bolsas

Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino Muestra 1		
		0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N/A	07-08-14	12-08-14	19-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14
Concentración de Mercurio (Hg)	mg/Kg	0,12	0,31	0,23	0,42	0,46	0,25
Concentración de Antimonio (Sb)	mg/Kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Concentración de Arsénico (As)	mg/Kg	7862,64	3100,50	2916,33	4564,00	7742,68	3193,72
Concentración de Estaño (Sn)	mg/Kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Concentración de cadmio (Cd)	mg/Kg	30,50	28,22	16,31	36,23	27,24	19,55
Concentración de Cromo (Cr)	mg/Kg	11,95	20,84	19,85	13,35	17,64	29,81
Concentración de cobalto (Co)	mg/Kg	2,13	2,61	2,62	2,32	2,31	2,88
Concentración de Cobre (Cu)	mg/Kg	15,86	23,04	23,73	17,28	23,53	27,29
Concentración de Plomo (Pb)	mg/Kg	2,38	5,13	3,53	3,16	6,18	7,63
Concentración de Manganeso (Mn)	mg/Kg	654,05	516,00	472,94	690,63	445,49	460,44
Concentración de Níquel (Ni)	mg/Kg	23,47	44,01	41,99	27,96	41,40	50,28
Concentración de Selenio (Se)	mg/Kg	1,37	17,42	6,82	5,87	20,17	27,59
Concentración de Talio (Tl)	mg/Kg	273,04	1143,88	472,56	1055,88	4093,77	1009,47
Concentración de Vanadio (V)	mg/Kg	84,60	179,63	204,17	113,04	157,70	293,51
Concentración de Zinc (Zn)	mg/Kg	118,19	183,00	118,17	160,88	177,20	260,52

La tabla 40 presenta los resultados de los análisis de metales en las muestras de harina cruda durante el protocolo de pruebas, respectivamente.

Tabla 40. Resultados de la Muestra de Harina Cruda

Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino Muestra 1		
		0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N / A	05-08-14	12-08-14	19-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14
Concentración de Mercurio (Hg)	mg/Kg	0,49	0,11	0,10	0,17	0,12	0,08
Concentración de Antimonio (Sb)	mg/Kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Concentración de Arsénico (As)	mg/Kg	4849,03	2337,53	2327,09	4778,61	2087,96	2521,74
Concentración de Estaño (Sn)	mg/Kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Concentración de cadmio (Cd)	mg/Kg	38,72	20,45	11,75	29,49	18,72	12,72
Concentración de Cromo (Cr)	mg/Kg	16,38	14,79	18,36	13,85	13,46	19,50
Concentración de cobalto (Co)	mg/Kg	2,26	2,12	2,27	1,88	1,90	2,47
Concentración de Cobre (Cu)	mg/Kg	18,91	16,30	17,69	14,40	17,58	21,22
Concentración de Plomo (Pb)	mg/Kg	5,23	1,78	2,54	2,27	2,05	2,64
Concentración de Manganeso (Mn)	mg/Kg	632,50	530,77	429,79	617,32	446,78	381,39
Concentración de Níquel (Ni)	mg/Kg	31,82	28,51	33,56	24,05	29,81	34,64
Concentración de Selenio (Se)	mg/Kg	10,73	1,94	3.43	2,25	3,18	3,13
Concentración de Talio (Tl)	mg/Kg	1498,70	224,71	71,46	347,70	258,62	141,46
Concentración de Vanadio (V)	mg/Kg	130,97	99,03	156,05	90,77	105,05	127,46
Concentración de Zinc (Zn)	mg/Kg	138,85	106,75	118,92	101,32	130,18	108,57

La tabla 41 presenta los resultados de los análisis de metales en las muestras de Clinker durante el protocolo de pruebas, respectivamente.

Tabla 41. Resultados de la Muestra de Clinker

Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino Muestra 1		
		0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N / A	05-08-14	12-08-14	19-08-14	06-08-14	13-08-14	20-08-14
Concentración de Mercurio (Hg)	mg/Kg	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Concentración de Antimonio (Sb)	mg/Kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Concentración de Arsénico (As)	mg/Kg	4948,03	3039,98	2552,02	9405,35	3996,30	2793,35
Concentración de Estaño (Sn)	mg/Kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Concentración de cadmio (Cd)	mg/Kg	40,39	24,91	14,61	32,93	24,63	15,63
Concentración de Cromo (Cr)	mg/Kg	89,59	91,43	106,33	72,59	104,14	116,77
Concentración de cobalto (Co)	mg/Kg	5,04	5,75	5,71	23,63	8,00	7,66
Concentración de Cobre (Cu)	mg/Kg	30,25	31,19	28,07	23,63	32,95	36,34
Concentración de Plomo (Pb)	mg/Kg	1,96	0,82	2,42	2,00	<0,5	0,74
Concentración de Manganeso (Mn)	mg/Kg	469,27	487,13	463,38	503,93	523,47	698,59
Concentración de Níquel (Ni)	mg/Kg	46,15	100,72	47,14	39,46	112,12	55,07
Concentración de Selenio (Se)	mg/Kg	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Concentración de Talio (Tl)	mg/Kg	28,86	25,63	24,02	22,81	27,45	28,36
Concentración de Vanadio (V)	mg/Kg	427,54	487,13	482,89	338,75	551,71	505,36
Concentración de Zinc (Zn)	mg/Kg	173,54	170,66	159,88	131,39	211,31	165,95

8.8 RESULTADOS DE MUESTRAS DE CORRIENTES LÍQUIDAS DE PROCESO

La tabla 42 presenta los resultados de los análisis de las muestras de Crudo residual durante el protocolo de pruebas, respectivamente.

Tabla 42. Resultados de la Muestra de crudo residual

Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Muestra 1		
		0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N / A	05-08-14	12-08-14	19-08-14	06-08-14	13-08-	20-05-14
Mercurio (Hg)	mg/l	<0,005	0,0069	0,013	<0,005	<0,005	0,018
Antimonio (Sb)	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Arsénico (As)	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Estaño (Sn)	mg/l	<1	1,03	<1	<1	<1	<1
Cadmio (Cd)	mg/l	0,15	0,07	1,11	0,27	<0,05	0,60
Cromo (Cr)	mg/l	<0,5	<0,5	0,69	0,95	1,08	<0,5
Cobalto (Co)	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cobre (Cu)	mg/l	<1	1,15	1,71	<1	1,06	1,31
Plomo (Pb)	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Manganeso (Mn)	mg/l	<1	<1	<1	<1	<1	2,03
Níquel (Ni)	mg/l	22,57	96,96	4,72	56,69	9,69	4,97
Selenio (Se)	mg/l	<1	1,42	<1	<1	<1	<1
Talio (Tl)	mg/l	0,52	1,21	<0,5	0,71	0,58	0,73
Vanadio (V)	mg/l	112,12	230,13	44,72	131,94	83,53	39,21
Zinc (Zn)	mg/l	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cloro (Cl)	ppm (m/m)	24,4	24,7	24,5	24,5	24,6	24,5
Azufre (S)	mass %	1,72	1,70	1,69	1,71	1,73	1,71
Poder Calórico	MJ/Kg	43,100	43,104	43,100	43,102	43,107	43,108

La tabla 43 presenta los resultados de los análisis de las muestras de Aceite usado durante el protocolo de pruebas, respectivamente.

Tabla 43. Resultados de la Muestra de aceite usado

Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1		Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino Muestra 1	
		85% del NSE	100% del NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N / A	12-08-14	19-08-14	13-08-14	20-08-14
Mercurio (Hg)	mg/l	0,0055	0,0080	0,012	0,018
Antimonio (Sb)	mg/l	<1	<1	<1	<1
Arsénico (As)	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Estaño (Sn)	mg/l	<1	<1	1,93	<1
Cadmio (Cd)	mg/l	<0,05	0,18	<0,05	0,63
Cromo (Cr)	mg/l	<0,5	<0,5	0,58	0,53
Cobalto (Co)	mg/l	<1	<1	<1	<1
Cobre (Cu)	mg/l	3,72	3,68	7,22	4,94
Plomo (Pb)	mg/l	0,68	0,98	1,19	1,00
Manganeso (Mn)	mg/l	2,35	2,28	4,47	2,91
Níquel (Ni)	mg/l	25,48	12,20	25,27	14,04
Selenio (Se)	mg/l	<1	<1	<1	<1
Talio (Tl)	mg/l	0,70	0,56	1,02	0,65
Vanadio (V)	mg/l	111,55	60,32	131,89	60,70
Zinc (Zn)	mg/l	91,87	47,43	155,75	69,09
Cloro (Cl)	ppm (m/m)	143,2	143,0	143,1	143,0
Azufre (S)	mass %	1,38	1,37	1,36	1,33
Poder Calórico	MJ/Kg	42,350	42,355	42,352	42,351

La tabla 44 presenta los resultados de los análisis de las muestras de agua de la torre de enfriamiento durante el protocolo de pruebas, respectivamente.

Tabla 44. Resultados de la Muestra de agua torre de enfriamiento				
Parámetro	Unidades	Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino Muestra 1		
		0% del NSE	85% del NSE	100% del NSE
Fecha	N / A	06-08-14	13-08-14	20-08-14
Mercurio (Hg)	mg/l	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Antimonio (Sb)	mg/l	<0,006	<0,006	<0,006
Arsénico (As)	mg/l	0,10	0,10	0,080
Estaño (Sn)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01
Cadmio (Cd)	mg/l	0,011	0,0026	0,0017
Cromo (Cr)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01
Cobalto (Co)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01
Cobre (Cu)	mg/l	0,015	0,018	<0,006
Plomo (Pb)	mg/l	0,013	0,011	<0,005
Manganeso (Mn)	mg/l	0,0093	0,0085	<0,006
Níquel (Ni)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01
Selenio (Se)	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01
Talio (Tl)	mg/l	<0,01	0,011	<0,01
Vanadio (V)	mg/l	0,011	0,012	0,0067
Zinc (Zn)	mg/l	0,13	<0,05	<0,05
Cloro (Cl)	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1

9 COMPARACIÓN CON LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

La Tabla 45 presenta un resumen de los resultados de pruebas de emisiones en comparación con los límites de emisión del Acuerdo Ministerial No. 048 Norma Técnica para el Coprocesamiento de Desechos Peligrosos en hornos cementeros.

Tabla 45. Comparación con Límites Permisibles / Emisiones PLANTA GUAPAN HORNO F7

Compuesto	Unidades de Medida[1]	Horno F7 / Modo Compuesto / Con Molino Muestra 1			Horno F7 / Modo Directo / Sin Molino						Límite Permisible 1
					Muestra 1			Muestra 2			
		0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	0% de NSE	85% del NSE	100% del NSE	
HCl	mg/m3	0,68	2,23	**0,36**	5,98	7,00	1,51	5,65	6,23	1,76	10
NO_X	mg/m3	664,58	1111,34	**1032,11**	804,09	1275,26	716,00	1225,43	1239,20	746,08	1400
NH_3	mg/m3	15,43	18,12	**9,80**	23,87	25,03	16,24	23,70	25,33	19,50	30
SO_2	mg/m3	0,00	1,31	**5,76**	0,00	47,74	245,00	0,00	40,56	224,06	800
VOCs	mg/m3	12,18	13,39	**16,83**	14,56	5,87	17,61	12,67	10,71	16,46	20[2]
Benceno	mg/m3	0,158	0,232	**0,229**	0,044	0,195	0,470	0,313	0,302	0,139	5
Material Particulado	mg/m3	45,33	39,24	**38,45**	27,29	30,59	33,53	31,12	28,30	34,99	80
Sb, As, Ni, Mn, Pb, Cr, V, Co, Cu	mg/m3	0,300	0,203	**0,260**	0,300	0,357	0,599	0,288	0,285	0,611	0,8[3]
Cd y Tl	mg/m3	0,0198	0,0383	**0,0405**	0,0226	0,0321	0,0422	0,0215	0,0315	0,0494	0,08
Hg	mg/m3	0,0016	0,0017	**0,0015**	0,0046	0,0014	0,0098	0,0057	0,0024	0,0028	0,08
Dioxinas y Furanos ngTEQ/m3	ngTEQ/m3	0,000000	0,0000105	**0,0000175**	0,000000	0,0000112	0,0000392	0,0000149	0,0000287	0,0000464	0,2

(1) Condiciones normales, base seca, corregido al 7% de oxígeno (02) en volumen. (2) Sobre la línea base (medición con combustible fósil).
(3) Suma total de metales.

Las emisiones Del Horno F7 Planta Guapán están por debajo de todos los límites máximos permisibles de emisión a la atmosfera Tabla 2. Del Acuerdo Ministerial No. 048 Norma Técnica para el Coprocesamiento de desechos peligrosos en hornos cementeros.

10 EFICIENCIA DE LA DESTRUCCIÓN (EDE)

Para la verificación de la eficiencia de destrucción (EDE) y remisión se tienen en cuenta consideraciones como la masa de los residuos peligrosos con los cuales se alimenta el sistema y la masa de los compuestos contenidos en la emisión atmosférica. A este parámetro también se le conoce con el nombre de DRE (Destruction and removal efficiency). Como guía hay que conseguir un 99.99% de DRE para cada POHC. (Principal Organic Hazardous Constitutents). Se debe asegurar una eficiencia del 99.99% respecto al residuo orgánico peligroso.

El anterior análisis se realiza aplicando la siguiente ecuación:

$$\%Ef = \frac{Mr - Ce}{Mr}$$

Dónde:

% Ef = Eficiencia de destrucción de residuos del sistema
Mr = Masa de residuos alimentados al sistema
Ce = Masa de los compuestos contenida en la emisión atmosférica

Cálculo de la masa de Residuos alimentados al sistema:

Tabla 46 Consumo Másico de Aceite Usado (AFR) durante la Prueba Preoperativa

	Operación Compuesta, Molino de Crudo Con 100% Del NSE		
	Tasa de Alimentación	Masa	Reemplazo en la Matriz
	Kg/h	Kg	%
Crudo (fuel oil)	2800	69,65	80
Aceite Usado	700	17,41	20
TOTAL		87,06	100,00
Tasa de Producción Horno F-7 (Kg/h)			40.200,00

Elaborado por Equipo Consultor WCR

Cálculo de la Eficiencia de destrucción de residuos del sistema:

El flujo de masa del componente gaseoso, utilizado para el cálculo de la tasa de emisión (g/h) fue determinado por el laboratorio CESSTA en condiciones estándar de presión y temperatura mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$Qsd = 3600\,(1 - (B_{WS}/100)) \times Vs \times A \times \frac{T_{ref}}{T_s} \times \frac{P_s}{P_{ref}}$$

En la cual:

Qsd = Caudal de gas en la chimenea en base seca corregido a condiciones normales, m3/h.
Bws = Fracción volumétrica de vapor de agua en la corriente gaseosa.
Vs = Velocidad promedio del gas en la chimenea, m/s.
As = Área de la chimenea, m2.
Tref = Temperatura de referencia, 273,15 ºK.
Ps = Presión absoluta en la chimenea, mm Hg.
Ts = Temperatura promedio del gas en la chimenea, K.

Tabla 47. **MATRIZ DE RESULTADOS OBTENIDOS**

Compuestos contenidos en la emisión atmosférica	Concentración **Prueba (100 %) Con Molino de Crudo** (mg/Nm3 @ 7% de O2)	Línea base 0 % de NSE	Tasa de emisión (g/h)	Masa Emisión (Kg)	EDE (%)	Niveles máximos permisibles (mg/m3)	Conclusiones	Observaciones
HCl	0,36	0,68	16,76	0,004788571	99,9724953	10	Cumple Normativa	Las normas internacionales establecen una eficiencia de destrucción superior al 99 %, lo cual se cumple.
NOX	1032,11	664,58	72,65	0,020757143	99,8807746	1400	Cumple Normativa	Los niveles de NOx son relativamente altos y se incrementan con el NSE. Se recomienda instalar equipo de medición continua según Norma de Coprocesamiento y AM 061.
NH3	9,80	15,43	734,21	0,209774286	98,7950931	30	Cumple Normativa	Disminuyen respecto al valor de línea base
Benceno	0,229	0,00	16,14	0,004611429	99,9735128	5	Cumple Normativa	Los niveles de benceno se encuentran muy por debajo de los límites establecidos, sin ningún riesgo de superar Límites permisibles.
VOCs	16,83	12,18	1180	0,000337143	99,9980635	20[3]	Cumple Normativa	Se recomienda instalar equipo de medición continua según Norma de Coprocesamiento y AM 061. El EDE supera 99,99 %
SO2	5,76	0,158	410	0,000117143	99,9993272	800	Cumple Normativa	Los niveles de SO2 se incrtementan respecto a Línea Base, pero aún así son sumamente bajos respecto a los límites permisibles de la

[3] Sobre la línea base (medición con combustible fósil).

								Normativa, el EDE supera los 99,999 %
MP	38,45	45,33	1,81	0	100	80	Cumple Normativa	Valores inferiores a línea base, cumplen Normativa. Se recomienda instalar equipo de medición continua según Norma de Coprocesamiento y AM 061.
Sb, As, Ni, Mn, Pb, Cr, V, Co, Cu	0,260	0,300	<1,26	0,00904286	99,999	0,84	Cumple Normativa	Quedan retenidos íntegramente en la matriz cristalina del clínker.
Hg	0,0015	0,0016	0,10	2,85714E-05	99,9998359	0,08	Cumple Normativa	Destrucción supera los 99,999 establecido en la normativa de coprocesamiento. Se recomienda aplicar Protocolos estrictos en cuanto a recepción de desechos con contenidos altos de Hg ya que se trata de metal altamente volátil.
Cd +Tl	0,0405	0,0198	2,91	0,000831428	99,9976122	0,08	Cumple Normativa	Destrucción supera los 99,99 Metales pesados volátiles. Valores relativamente altos, se recomienda su control
Dioxinas-Furanos (ngTEQ/m3)	0,0000175	0,000000	1,23E-06	1,515E-10	99,9999999991	0,2 (ngTEQ/m3)	Cumple Normativa	Destrucción Total de Dioxinas y Furanos. 99,9999% establecido en la normativa de coprocesamiento. Los valores determinados no representan ningún riesgo para la Salud.

Tabla 48. Matriz de temperaturas de proceso, eficiencia, EDE, tiempo de residencia, límites de emisiones Horno 2.

Parámetro	Temperatura del Horno ºC	Temperatura de la llama ºC	Eficiencia de la Combustión %	Tiempo de Residencia	EDE	Concentración mg/Nm3	Niveles máximos permisibles (mg/m3)
HCl	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	99,9724953	0,36	10
NOx	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	99,8807746	1032,11	1400
NH3	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	98,7950931	9,80	30
Benceno	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	99,9735128	0,229	5

[4] Suma total de metales.

VOCs	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	99,9980635	16,83	205
SO2	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	99,9993272	5,76	800
MP	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	100	38,45	80
Hg	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	99,9998359	0,0015	0,08
Tl + Cd	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	99,9976122	0,0405	0,08
Sb+ As+ Sn+ Cr+ Co+ Cu+ Pb+ Mn+ Ni+ Se+ V+ Zn	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	99,999	0,260	0,86
Dioxinas-Furanos	1300	1500	100 %	5 a 10 seg	99,9999999991	0,0000175	0,2 (ngTEQ/m3)

El Cálculo de la eficiencia de la destrucción (EDE), se la realizó unicamente para la Prueba (100 %) con molino de crudo, ya que este es el escenario representativo de operación con AFRs, la condición sin molino de crudo se da muy eventualmente cuando hay alguna parada de los hornos.

[5] Sobre la línea base (medición con combustible fósil).
[6] Suma total de metales.