



partner for prosperity



# RECUPERACIÓN Y DESTRUCCIÓN DE SAOs EN ECUADOR

Agosto, 2014



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION





## Demanda de destrucción y recuperación/regeneración de gases refrigerantes

Proyecto de ahorro energético para reemplazo de 330.000 refrigeradoras por nuevas de menor consumo energético

Demanda existente

Requiere de:

Oferta del servicio



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



Convenio para Instalación de:

Máquina de destrucción de refrigerantes por arco de plasma con capacidad de:

- 1 kg de CFC-12 por hora o
- 2 kg de R-22 por hora

Máquina regeneradora de R-22, con una capacidad de

- 15 kg por hora

Proyecto Piloto de Destrucción en hornos de cemento



# PLAN PILOTO DE RECUPERACIÓN DE GASES REFRIGERANTES

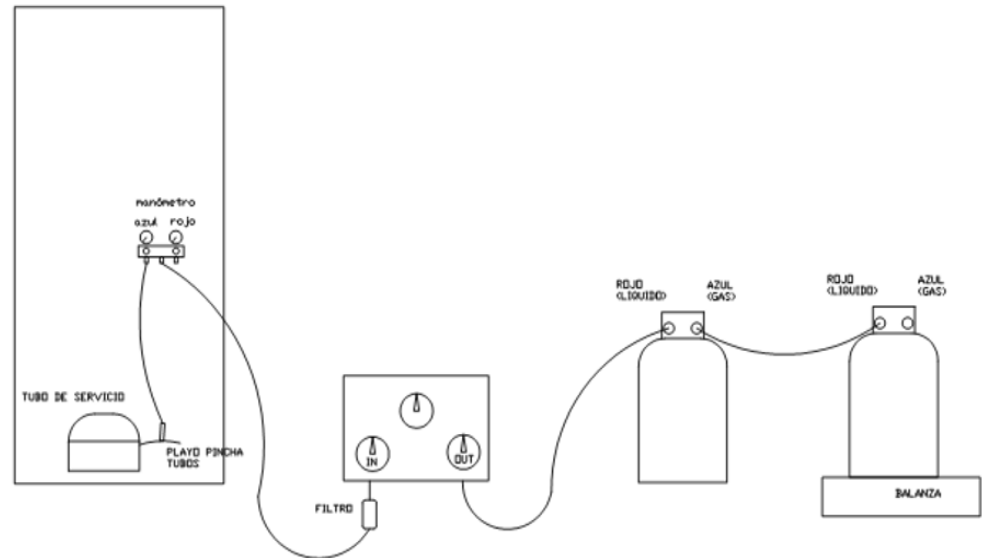


13- 28 de Mayo de 2013. Cuenca – Ecuador.

Coordinación general desarrollada por el Ministerio de Industrias y Productividad con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) (en Inglés UNIDO) y el Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP)

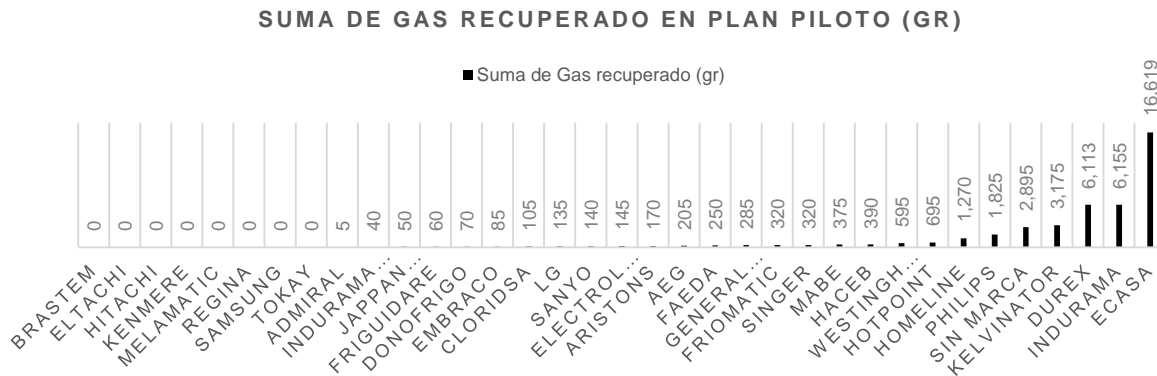


SISTEMA PARA RECUPERAR GAS



# RESULTADOS

- Tiempo promedio de recuperación de gas refrigerante: 6.72 minutos, 4 minutos para calentar (separación de gas) y 2.72 minutos aproximados para la extracción del gas con la maquina recuperadora.
- 833 Refrigeradoras gestionadas, de las cuales 531 refrigeradoras contuvieron gas.
- 34 marcas identificadas 4 más importantes: Ecasa, Indurama, Durex y Kelvinator.



- Costo promedio de recuperación de gas refrigerante de 5.76 USD por refrigerador para terminar la recuperación en 19.26 años por lo que se asume un valor promedio de 9.45 USD por refrigeradora, para terminar el proyecto de recuperación en 6 años



Consideraciones	
<b>210,342.00</b>	refrigeradoras del Plan Renova proyectadas como efectivas
<b>80.02</b>	gr de gas /refrigeradora
<b>16,831,566.84</b>	gr de gas refrigerante de universo de Plan Renova
<b>97%</b>	% de gas CFC 12 en muestra
<b>3%</b>	% de gas R134a en muestra
<b>16,326,619.83</b>	gr de CFC 12 en universo de Plan Renova
<b>504,947.01</b>	gr de R134a en universo de Plan Renova



GAS REFRIGERANTE	Cantidad de Universo Plan Renova (gr)	Cantidad de Universo Plan Renova (TON)	PAO (PROTOCOLO DE MONTREAL)	PCG (2001 IPCC a 100 años)	TOTAL PAO TON O3 estratosférico no afectadas	TOTAL PCG TON CO2 Eq evitadas a 100 años
R134a	504,947.01	0.50	-	1,300.00	-	656.43
CFC12	16,326,619.83	16.33	1.00	10,600.00	16.33	173,062.17
<b>Total</b>	<b>16,831,566.84</b>	<b>16.83</b>			<b>16.33</b>	<b>173,718.60</b>



Coordinación general del Plan Renova y de Protocolo de Montreal

Recuperación local

Destrucción/regeneración local - nacional

Apoyo en regionales para formación de capacitadores

Apoyo en coordinación con talleres locales de mantenimiento reparación de refrigeración

Localización de Centro de destrucción y regeneración de gases refrigerantes



Destrucción en hornos de Cemento





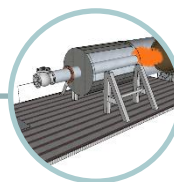


UBICACIÓN DE FACILIDADES DE DESTRUCCIÓN DE SAOs



SECAP - CERFIN QUITO - PICHINCHA

- MÁQUINA DE ARCO DE PLASMA PORTABLE



UCEM - PLANTA CHIMBORAZO. Ciudad de Riobamba

- SISTEMA DE INYECCIÓN EN HORNO DE CEMENTO





partner for prosperity

# DISPOSITIVO DE DESCOMPOSICION DE FLUOROCARBONO



# PLASMA X



**Asada**  
ASADA CORPORATION

3-60, Kamiida, Nishi-Machi, Kita-Ku, Nagoya, Japan 462-8551  
TEL +81-52-914-1206 FAX +81-52-914-2011  
URL <http://www.asada.co.jp> E-mail: [trade@asada.co.jp](mailto:trade@asada.co.jp)



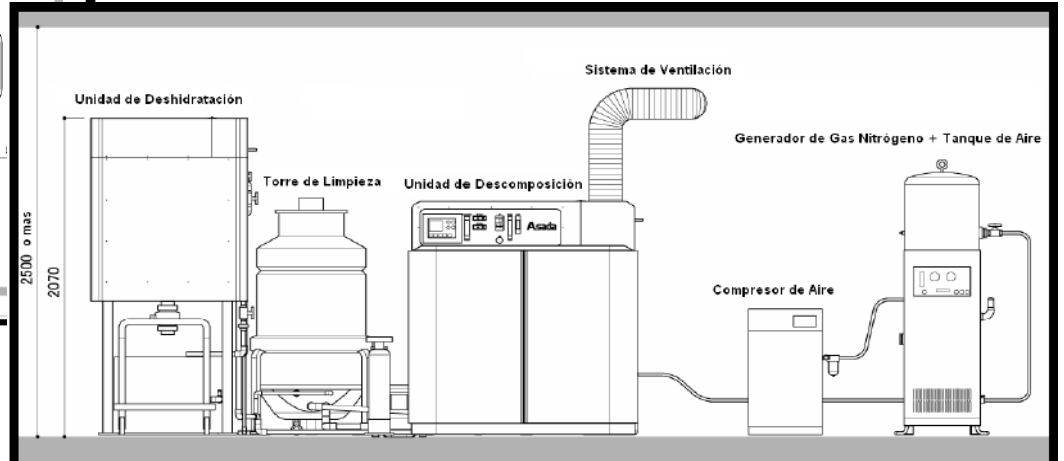
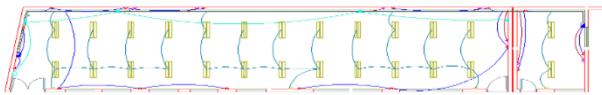
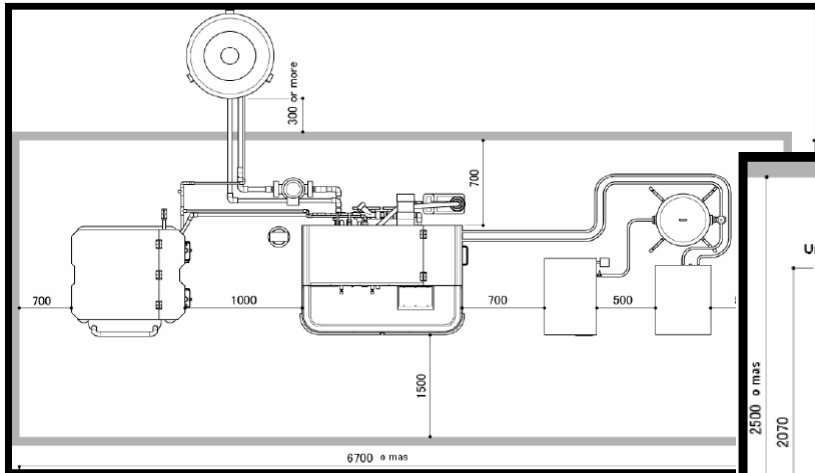
## FUNCIONAMIENTO



Modelo	Plasma X
Método	Plasma Torch
Fuente de Poder	3 Fases 200V
Capacidad de Procesamiento	2kg/H (HCFC 22) 2kg/H (HFC 134a) 1kg/H (CFC 12)
Tasa de Descomposición	mas que 99.9%
Dimensión Exterior (AxPxA)	Dispositivo de Descomposición 1500x930x1526mm
	Dispositivo de Deshidratación 960x800x2075mm




partner for prosperity





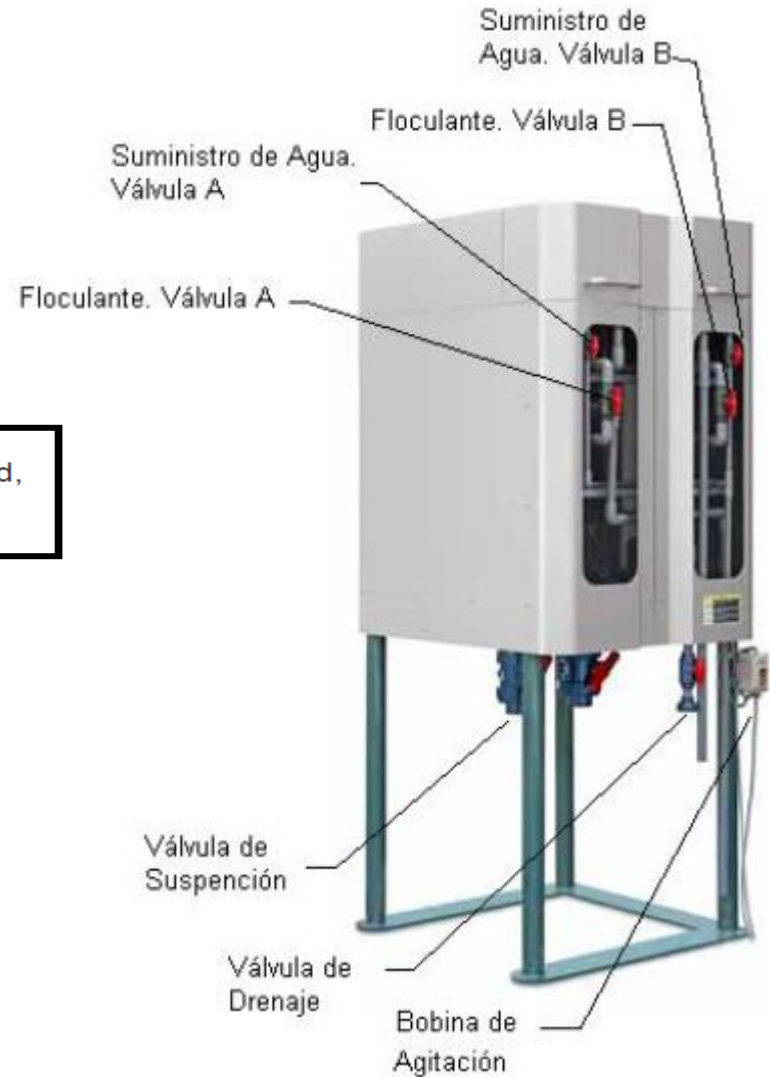
- Cal hidratada

CLASIFICACIÓN	CaO (%)	Impureza (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Finura del residuo (%)	
				600 µm malla 28	150 µm malla 100
Grado Especial	Más de 72,5	Menos de 3,0	Menos de 1,5	0	Menos del 5.5



Al manipular la cal hidratada, use gafas de seguridad, guantes y mascarilla.

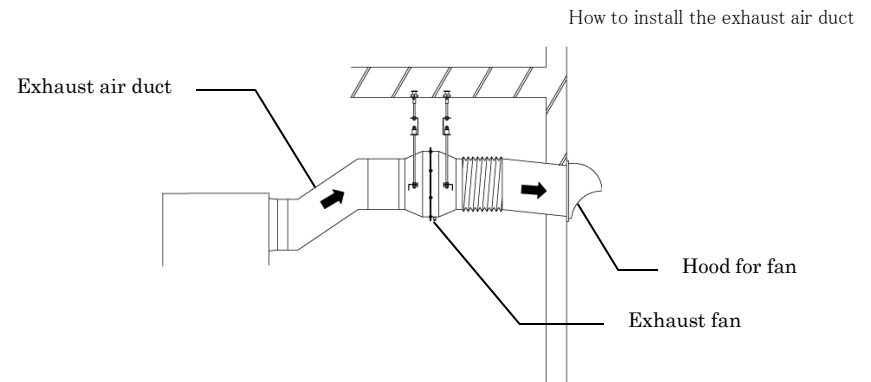
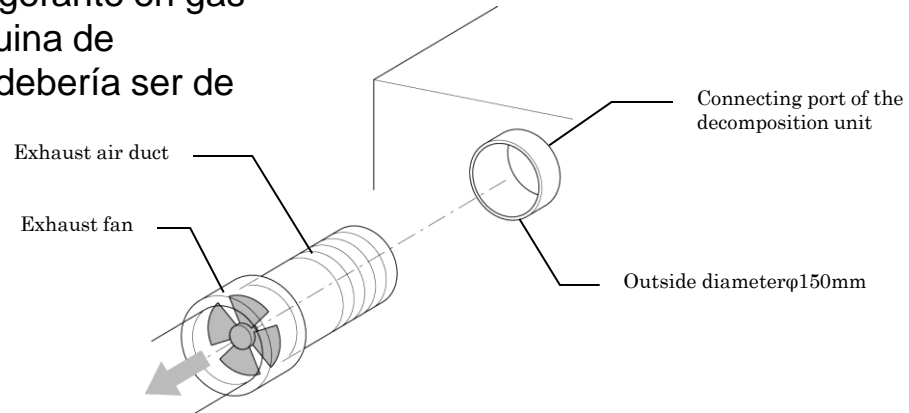
- Agente floculante  
Floculante Accofloc # A-110 y Accofloc #C483





## CONSIDERACIONES DE INSTALACIÓN

Se debe chequear el nivel de presión y velocidad de flujo del refrigerante. Se debe asegurar que la presión es 0.2MPa y la velocidad de flujo 0.5. El refrigerante en gas (no líquido) debe ser transferido a la máquina de destrucción. La velocidad de destrucción debería ser de entre 1.0kg/h.





## MEDIDAS DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN

	<p>① Cierre la tapa y el panel frontal. Hay partes de alta temperatura y alta tensión.</p> <p>② No coloque cosas sobre la máquina.</p>
	<p>① Cuando limpie el tanque de neutralización y el tanque de deshidratación, asegúrese de que el agitador se detenga.</p>
	<p>① La temperatura ambiente debe estar entre 5 ~ 40 °C</p>
	<p>① Use guantes, máscara y gafas cuando utilice la cal hidratada. Lea la advertencia sobre la cal hidratada.</p> <p>② No arroje la cal hidratada en las alcantarillas.</p>

	<p>① No toque la máquina con las manos mojadas.</p> <p>② Apague la máquina cuando se realice el mantenimiento.</p> <p>③ Tenga cuidado con las salpicaduras de agua a la máquina. Será la causa de alguna descarga eléctrica.</p>
	<p>① Cuando se utilice la máquina, asegúrese de que le ventilador este funcionando.</p> <p>② Asegúrese de que el lugar esté bien ventilado.</p>



Descarga eléctrica



Altas temperaturas



Otro



Partes móviles



Succión de gas



## MANTENIMIENTO

	Artículo	Contenido
Cada 10 horas	Antorcha obstruida	Limpie la obstrucción en la antorcha.
Cada 30 horas	Cambie de boquilla	Cambie a una nueva boquilla.
	Limpieza del filtro	Limpie la obstrucción del filtro.
Cada 200 horas	Cambio de electrodo	Cambie a un nuevo electrodo.
Cada mes	Medida del electrodo PH	Añada solución de KCl, para calibrar la medida del electrodo pH.







## CAMBIO DE PIEZAS

Cada mes (200 horas)	Reflujo de la prevención del cuello	Cambiar
Cada 3 meses (600 horas)	Oscilación del cuello	Cambiar
	Interruptor del cuello	Cambiar
	Lechada del cuello	Cambiar
	Torre de enfriamiento	Revise que el ventilador esté limpio, el tanque, la boquilla, etc
Cada 5 meses (1000 horas)	Desionizador	Compruebe la conductividad.
Cada 6 meses (1200 horas)	Bomba de la torre de refrigeración	Cambie el sello mecánico
	Pantalla de suministro de poder	Verificación regular (descolorida, sin conexión, consumida)
	Medidor de electrodos pH	Cambio de electrodos

## CAMBIO DE PIEZAS

Cada 1 año (2400 horas)	Torre de enfriamiento	Compruebe el recorrido de la boquilla, esfera del grifo y el colador. Cambio de rodamiento, el cinturón y el motor.
	Bomba de la torre de enfriamiento	Cambie el rodamiento y el sello mecánico
Cada 2 años (4800 horas)	Torre de enfriamiento	Cambie el recorrido de la boquilla.
Cada 3 años (7200 horas)	Válvula de vapor	Cambie el conjunto de la válvula y el diafragma.
Cada 4 años (8400 horas)	Plasma de suministro de energía	Cambie de capacitor electrolítico.
Cada 5 años (12.000 horas)	Bomba del agua en refrigeración	Cambie el seguro mecánico



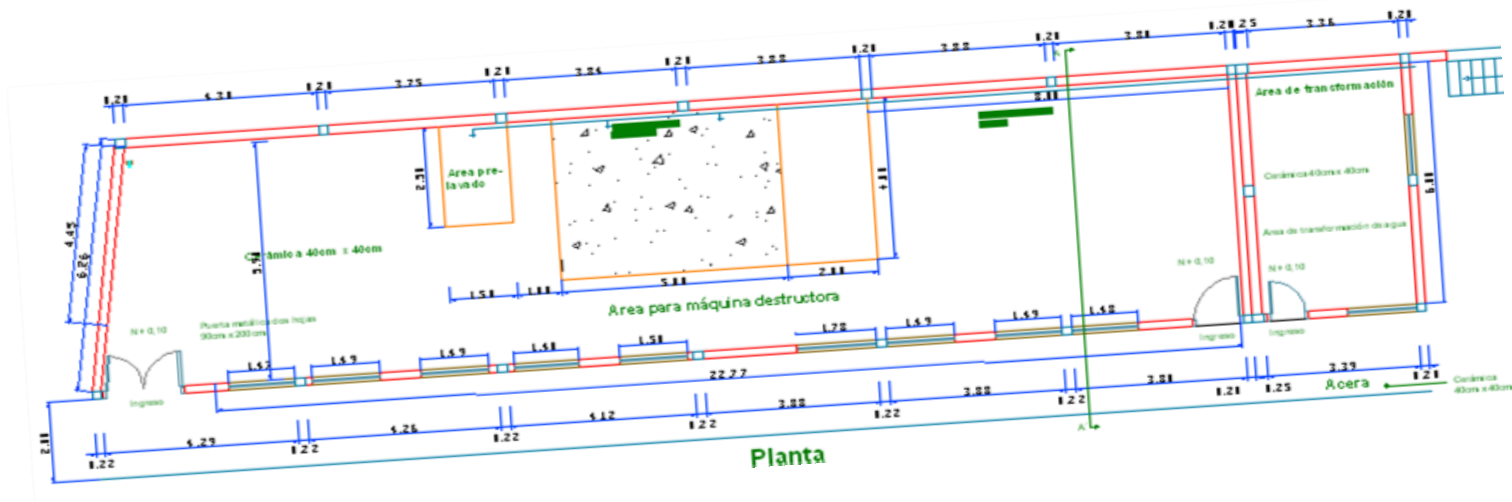
	Cuando este en operación no se toque las piezas de la antorcha.
	No toque el generador de vapor de agua ni las piezas de la antorcha.
	Proveer de evacuación y adecuada ventilación.
	Cuando realice el mantenimiento, use guantes.

CONSUMO POR TIPO DE REFRIGERANTE		R12	R22
Capacidad de procesamiento (kg/H)		1	2
Volumen de refrigerante		1	1
Tipo de refrigerante	Cal (kg)	2	2
	Floculante (g)	7	7
	Electricidad (kW)	6	6
	Agua (L)	25	25
Sedimento de CaF <sub>2</sub> y CaCl <sub>2</sub> (kg) para disposición (kg)		3.47	3.47

Fuente: MIPRO, 2013

**PRECIO POR CADA KILOGRAMO DE GAS REFRIGERANTE DESTRUIDO**

**10,29**



**PRECIO POR CADA KILOGRAMO DE GAS REFRIGERANTE RECUPERADO**

**3,457**

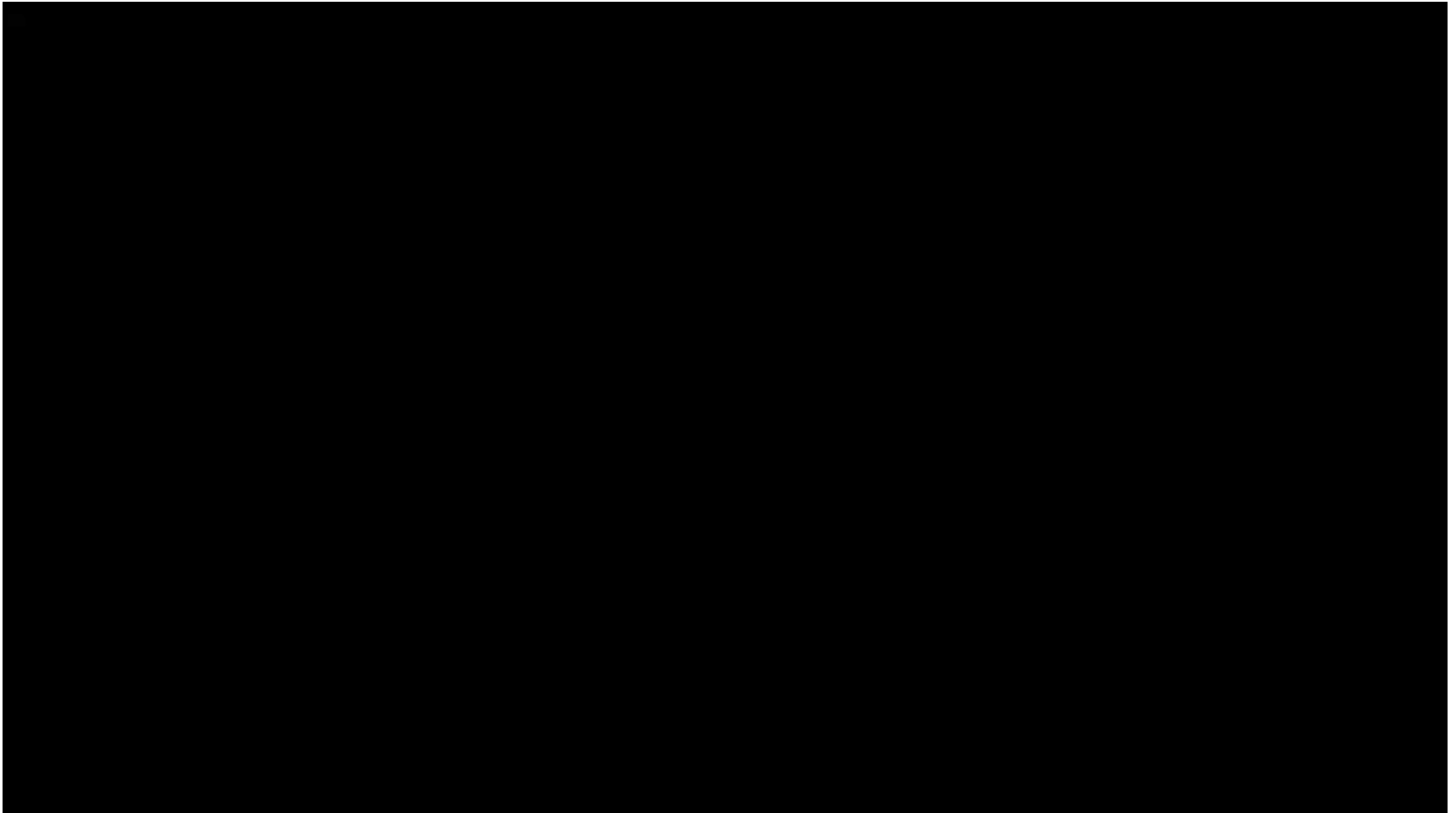


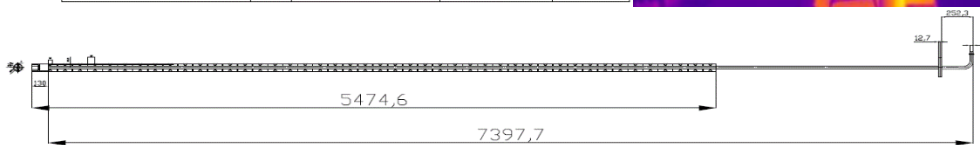
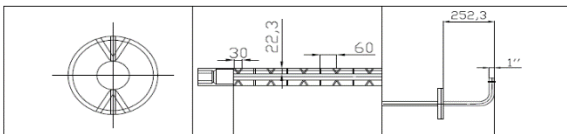
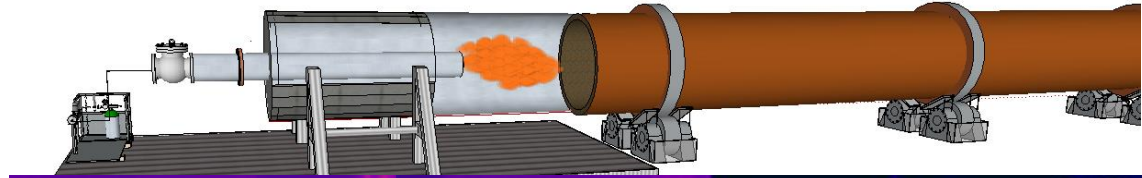
partner for prosperity



## DESTRUCCIÓN DE SAOS EN HORNO DE CEMENTO







La cantidad de CFCs a ser alimentada fue determinada tomando en consideración la concentración de cloro en los productos de cemento. Definiéndose en la guía de Japón como:

- CFC 11: 9.1 Kg/hora
- HCFC 22: 9.5 kg/hora
- Temperatura del horno: alrededor de 1450°C
- Tiempo de retención del gas en el horno: 8 segundos.

Prueba de destrucción:  
2 partes

# 1 PARTE

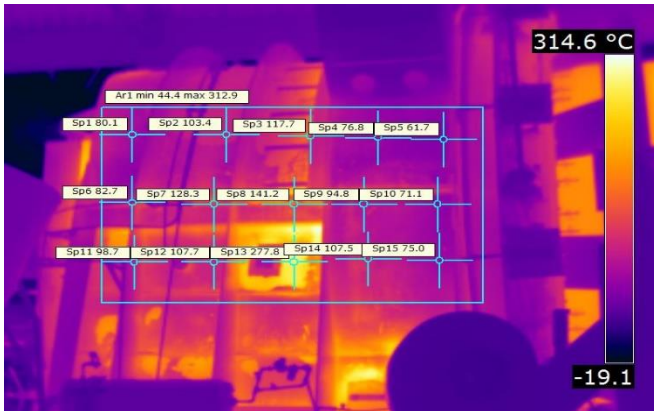


Punto de interés de mayor temperatura para garantizar destrucción de CFCs

Temperatura °C:

- EXTERIOR
- PROYECCIÓN
- PROYECCIÓN AJUSTADA

**PERMISO AMBIENTAL**





Dosificación prevista:

9 kg/h

$$PV = nRT$$

donde R es una constante para todos los gases ideales que vale  $R=0.082 \text{ atm litro}^\circ\text{K mol}$

$$PV = nRT \Rightarrow PV = \frac{m}{P_m} RT \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{P \cdot P_m}{RT}$$

Presión:	5 PSI	0.340229805 atm
Volumen:	1.72 m3	Densidad gas: 5.22 kg/m3
	1724.137931 litros	
n:	moles	peso molecular: 120.915 g/mol
R:	0.082 atm.litro/°Kmol	
Temperatura:	294.26 °K	21.11 °C
masa:	2939.54058 g	
	2.93954058 kg	
	2.93954058 kg/h	
	0.048992343 kg/min	
	0.000816539 kg/seg	

Tiempo de retención del gas (segundos)

68.681

Volumen del horno(m3)

508.939

Área sección del horno

10.179

Largo del horno

50.000

Cantidad de aire húmero en emisión (Nm3)

95.705

Área sección de chimenea en la base de la salida de emisión

8.042

Altura de chimenea

33.240

% de humedad promedio

36%

Temperatura del horno (°C)

1527.000

TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL HORNO

El tiempo que el material utiliza para pasar por el horno rotatorio ( el tiempo de permanencia t en minutos) se puede hallar por medio de la fórmula siguiente :

$$t(\text{min}) = \frac{1.77LG\sqrt{\theta}}{vD_1n}$$

siendo:

t = Tiempo de permanencia, minutos.

L = Longitud del horno, metros.

$\theta$  = ángulo de deslizamiento del material, grados (o). En hornos de cemento se calcula un  $\theta = 40^\circ$ .

G = Factor de forma , que tiene en cuenta las estrangulaciones y los dispositivos del horno . Si el diámetro del horno es constante y sin ningún dispositivo interno , se toma G= 1. Con estrangulaciones y dispositivos internos el valor de G puede llegar a tomar el valor 2 ( Doble de tiempo , manteniendo constantes los valores de los demás parámetros ).

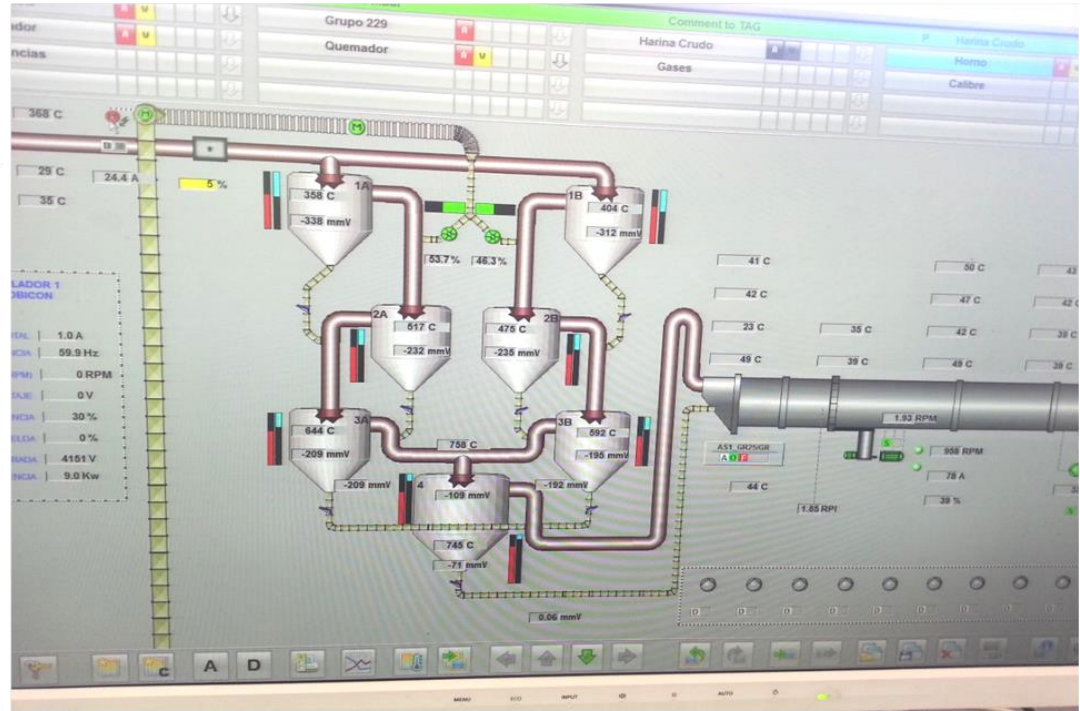
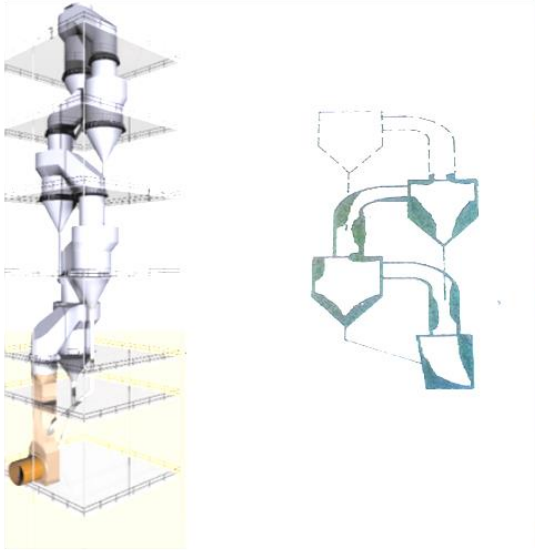
v = Inclinación del horno, grados (°).

D<sub>1</sub> = Diámetro interior del horno, metros.

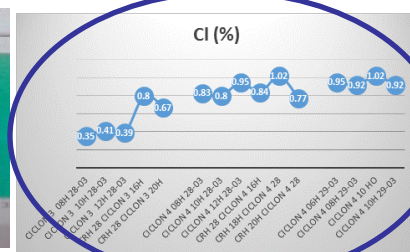
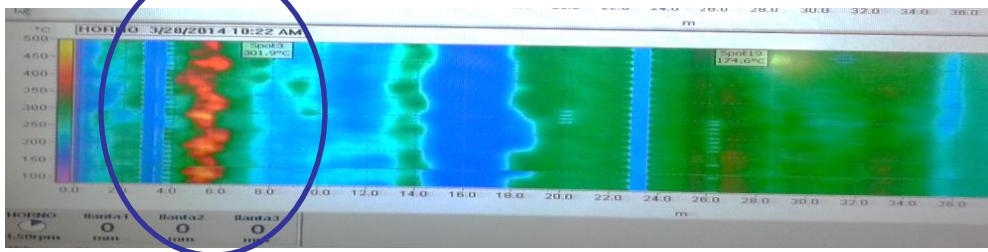
n = Velocidad de rotación del horno por minuto, r.p.m.

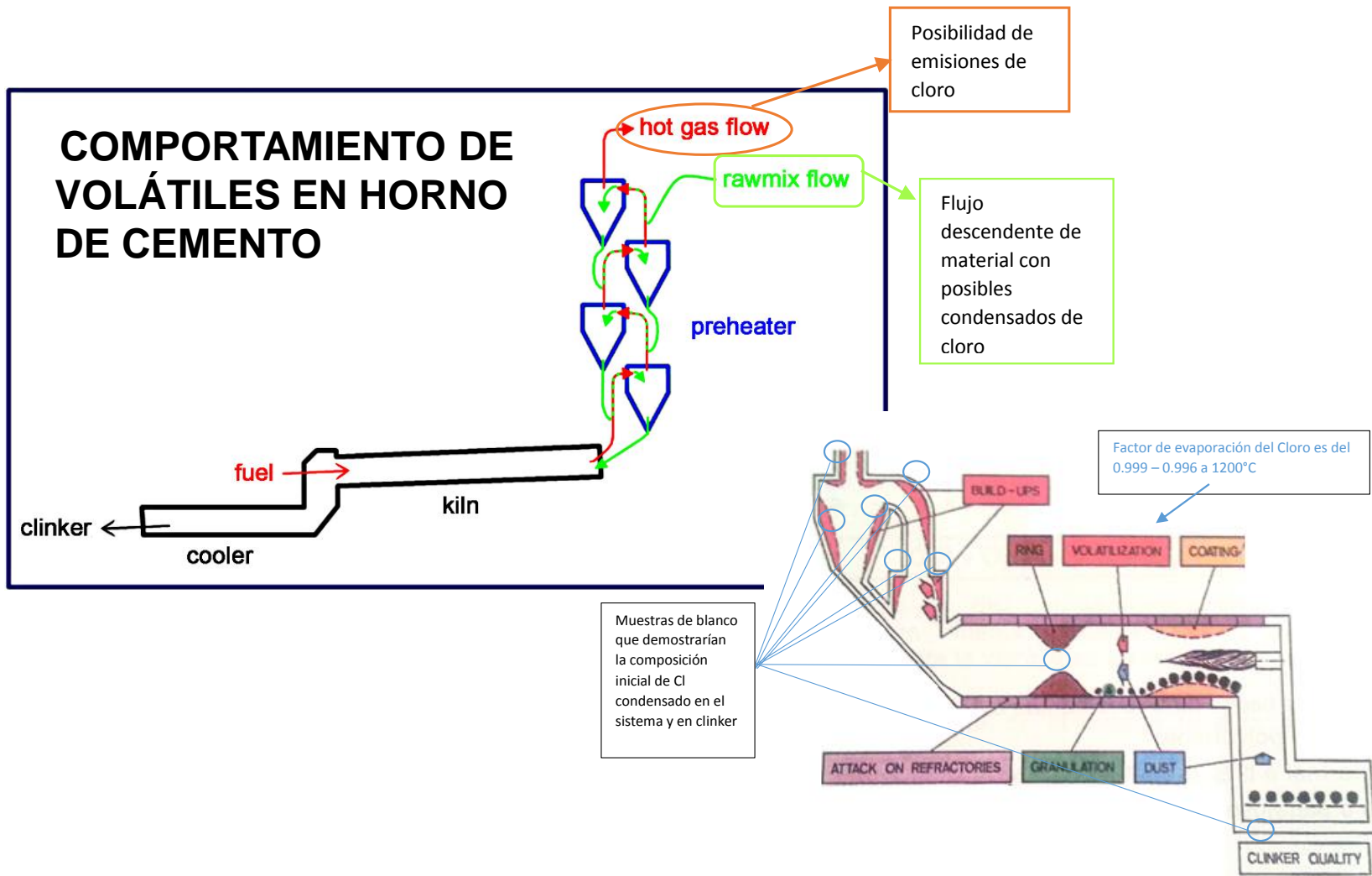


## 2 PARTE



Fuente: FLSmidth- Dry process kiln systems & Imagen de ciclones del horno de la Cementera – Planta Chimborazo.

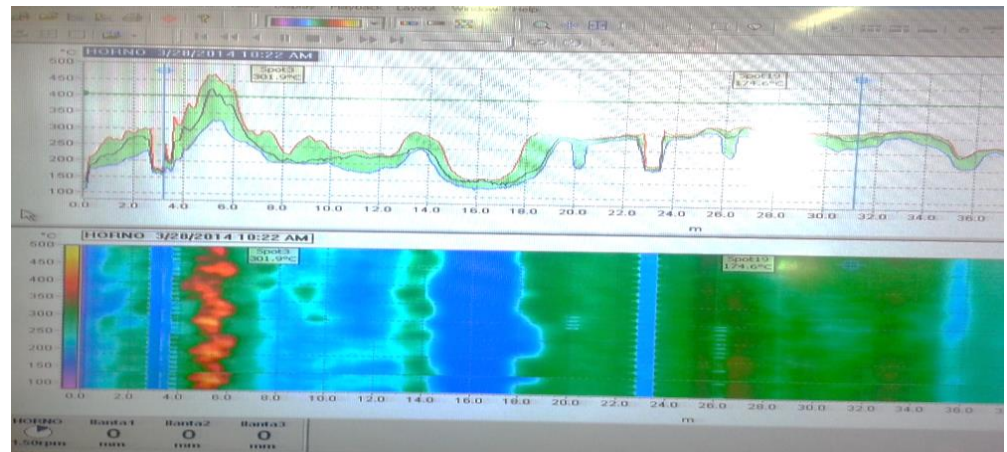
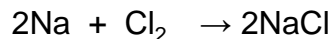
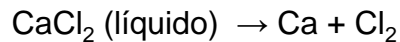
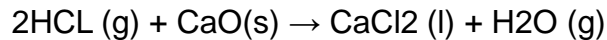




Fuente: FLSmidth - Seminario de Procesos de Calcinación, Operación y Mantenimiento. Bogotá, Colombia. Abril, 2012.

# CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Curva de calibración de equipo de monitoreo, validada para la evaluación de Cloro. Certificado vigente de calibración para el equipo.
- Límites de detección de parámetros y porcentaje permitido en composición química permitida por la cementera.





**Factor de evaporación:**  $(\epsilon) = d/b$  Donde  $d = b - c$

Un factor de evaporación igual a 1 significa que todo el material volátil se evaporó, mientras que un factor de evaporación igual a 0 significaría que todo el material volátil salió con el clinker.

**Factor de circulación:**  $(k) = b/a$

**Componente residuo:**  $(R) = c/a = (b - c) / a$

**Válvula (La fracción que escapa a través de la parte final trasera es conocida como válvula):**

$(V) = g/f$  By-pass valve  $(V_b) = e/d$

a = Kiln feed including filter dust if returned

b = hot meal as sampled from the lower cyclone

c = Clinker

d = Kiln gas (evaporated or on kiln dust)

e = By-pass dust

f = Dust lost from the preheater

g = Emission to the stack



Estándares para concentraciones de sustancias tóxicas en emisiones gaseosas según el Comité Técnico Consultivo Ad-hoc sobre tecnologías de destrucción de SAO de PNUMA

PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN ESTÁNDAR
PCDD/PCDF	< 1.0 ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>
HCl	<100 mg/Nm <sup>3</sup>
HF	<5 mg/Nm <sup>3</sup>
HBr/Br <sub>2</sub>	< 5mg/Nm <sup>3</sup>
Partículas	< 50 mg/Nm <sup>3</sup>
CO	<100 mg/Nm <sup>3</sup>

Fuente: Guía de destrucción de CFCs en Japón, 1999

- Cloro en harina cruda
- Cloro en alimentación
- Cloro en polvo de filtro
- Cloro en combustible
- Cloro en material de ciclones (especialmente costras)
- Cloro en Clinker
- Temperatura dentro del horno
- Volatilización en la zona de quemado, volatilización en la entrada del horno
- Tiempo de retención
- Mineralogía
- Aditivos
- Reacciones molares completas
- Factor de vaporización
- Factor de circulación
- Componente residuo
- Factor de Válvula

# Ecuador

DETALLE DE GASTOS DE PRUEBA DE DESTRUCCIÓN	VALOR (USD)
Materiales de sistema de inyección	\$ 1,456.78
Estructura de montaje y lanza	\$ 1,200.00
Mano de obra de instalación	\$ 1,500.00
Barrido de nitrógeno	\$ 400.00
Análisis de laboratorio muestra blanco + muestra de prueba	\$ 27,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 31,556.78</b>

Método de referencia EPA 23 para determinar las emisiones de dioxinas y furanos procedentes de los hornos de cemento.

Monitoreo Isocinético

**USA**

# Venezuela



Costo inicial para la prueba de quemado~ 50.000 \$US

Table 5.3-1 Initial Cost (Necessary Parts) of Modification of Cement Kiln for ODS Destruction

Item	Specification	Quantity	Unit	Cost (JPY)	(US\$)
Emergency shut valve	Magnetic solenoid valve	1	Unit	60,000	520
Pressure control valve	15A	1	Unit	80,000	700
Flow meter	Range between 0 and 50 - 100 kg/h, as appropriate	1	Unit	400,000	3,500
Piping /valve	SGP, STPG, 15A ball valve	1	Unit	900,000	7,800
Electric parts	Current-pneumatic converter	1	Unit	700,000	6,100
Miscellaneous	Thermometer, barometer, etc.	1	Unit	500,000	4,300
<b>Total</b>				<b>2,640,000</b>	<b>23,000</b>

# Muchas gracias

Verónica Villacís  
Consultor Nacional  
Coordinación de Temas  
Ambientales  
ONUDI



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

[v.villacis@unido.org](mailto:v.villacis@unido.org)

[www.unido.org](http://www.unido.org)

Tel: +593 9-98 555 978