



LIFE VALPORC
Valorization of pig carcasses
through their transformation into
biofuels and organic fertilizers
(LIFE13 ENV/ES/001115)





***Name of the Deliverable: Diseño y construcción de prototipos:
biometanización con tratamiento de ultrasonidos (B1.2)***

***Number and name of the associated action: Action B1 Diseño y construcción
de prototipos***



Submission date: 31/01/2017

Partner responsible for this deliverable: Fundación CARTIF

	LIFE + VALPORC LIFE 13ENV/ES/001115 VALORIZACIÓN DE CADÁVERES DE PORCINO MEDIANTE SU TRANSFORMACIÓN EN BIOCOMBUSTIBLES Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS	
	Valorization of pig carcasses through their transformation into biofuels and organic fertilizers	

INDEX

A. Módulo prototipo de biodigestión con pretratamiento de ultrasonidos.....	3
A.1 Diseño.....	3
A.2 Compra.....	5
A.3 Integración del módulo de ultrasonidos.	6
Bibliografía.....	7
Anexo. Ofertas ultrasonidos.....	8

	LIFE + VALPORC LIFE 13ENV/ES/001115 VALORIZACIÓN DE CADÁVERES DE PORCINO MEDIANTE SU TRANSFORMACIÓN EN BIOCOMBUSTIBLES Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS	
	Valorization of pig carcasses through their transformation into biofuels and organic fertilizers	

A. Módulo prototipo de biodigestión con pretratamiento de ultrasonidos

Durante esta acción la Fundación CARTIF ha realizado tres tareas principales:

- 1) Diseño de módulo de ultrasonidos.
- 2) Compra del módulo de ultrasonidos.
- 3) Integración del módulo de ultrasonidos en la planta piloto de digestión anaerobia en dos fases de la que se dispone.

A.1 Diseño

La primera tarea de esta acción ha consistido en realizar el diseño de un módulo de ultrasonidos para el pre-tratamiento de la mezcla de residuos seleccionada en la Acción A3, que van a alimentar la planta piloto de digestión anaerobia, de forma que se consiga que mediante la cavitación ultrasónica se destruyan los agregados y estructuras celulares de los diferentes residuos, mejorando de esta manera la biodisponibilidad de material intracelular para su posterior descomposición por las bacterias anaerobias.

El principio del tratamiento con ultrasonidos reside en un proceso de cavitación inducida que se crea en rangos de frecuencias bajos (unos 20 kHz), de forma que a través de subsecuentes compresiones y expansiones del fluido bajo el efecto de las ondas de ultrasonidos, se generan unas burbujas microscópicas llenas de vapor de agua o gas que tras su implosión dan lugar a condiciones locales extremas de temperatura (hasta 5.000°C) y presión (hasta 500 atmósferas), lo que favorece la desintegración de las paredes celulares y la ruptura de los polímeros contenidos en la biomasa (Neis et al., 2000).



Los factores principales que afectan a la desintegración por ultrasonidos se pueden dividir en: características de los residuos y parámetros de operación del equipo de ultrasonidos.

Los principales parámetros de operación que se han de considerar son:

- Tiempo de sonicación (s).
- Densidad (kW/L).
- Energía específica (kJ/kg ST).
- Frecuencia (Hz).

La combinación óptima de estos parámetros tiene una gran influencia en los requerimientos energéticos y por lo tanto la viabilidad económica del pre-tratamiento.

El tiempo influye directamente en la energía introducida, observándose que la mayor desintegración (medida como liberación de DQO soluble) se produce en el primer minuto, por lo que, en principio, tratamientos menores a un minuto permiten optimizar el consumo energético (Show et al. 2007). No obstante la densidad energética parece ser un factor más importante que el tiempo. A altas densidades (kW/L), usando la misma cantidad de energía (kJ/kg TS), se consiguen mayores eficiencias de desintegración ya que se generan mayores fuerzas de cavitación. Con una misma cantidad de energía introducida (36.000 kJ/kg ST) y una densidad de 0,49 kW/L, se observa una reducción en el tamaño de particular de 49 a 9 µm, mientras que con una densidad de 0,18 kW/L, la reducción en tamaño es sólo hasta 19 µm; la liberación de DQO soluble sigue el mismo patrón (Show et al., 2007).

	LIFE + VALPORC LIFE 13ENV/ES/001115 VALORIZACIÓN DE CADÁVERES DE PORCINO MEDIANTE SU TRANSFORMACIÓN EN BIOCOMBUSTIBLES Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS	
	Valorization of pig carcasses through their transformation into biofuels and organic fertilizers	

Así pues, queda claro que es necesario llegar a un equilibrio entre el tiempo de sonicación, la densidad y la energía introducida al sistema, para optimizar los costes energéticos y la eficiencia del tratamiento. Tal como se ha indicado, la reducción del tiempo de sonicación y altas densidades minimiza el uso de energía.

Las variables de diseño que se han tenido en cuenta para el diseño del módulo de ultrasonidos han sido las siguientes:

- Potencia del ultrasonidos (P)
- Tiempo de tratamiento de la muestra (t)
- Volumen de muestra a tratar (L)
- Sólidos totales de la muestra a tratar (ST)
- Frecuencia del ultrasonidos (F)
- Tamaño de partícula de la muestra a tratar (d)

Las cuatro primeras variables están relacionadas a través del parámetro energía específica aplicada (E_s) según la Ecuación 1, el cual se calcula multiplicando la potencia del ultrasónico (P), por el tiempo de tratamiento (t), dividido por el volumen de muestra ($L_{muestra}$) y los sólidos totales iniciales del alimento (ST), tal y como indica la siguiente expresión:

$$E_s(kJ / Kg_{ST}) = \frac{P(kw) \cdot t(s)}{L_{muestra} \cdot ST(kg / L)} \quad (1)$$



Según la bibliografía consultada, para un valor de E_s de 33.000 kJ/kg ST, se consigue solubilizar la DQO de una muestra de lodos hasta un 17% (DQO soluble), en comparación de un porcentaje cercano al 10% (DQO soluble), cuando se aplica una energía de 11.000 kJ/kg ST (Bougrier et al, 2005).

El volumen de muestra a tratar por el equipo de ultrasonidos es el volumen que es capaz de procesar la planta piloto de digestión anaerobia que posee CARTIF, y que para un tiempo hidráulico de residencia de 20 días, es de 20 L/día, por lo que este es el volumen para el que se va a diseñar el sistema de pre-tratamiento por ultrasonidos.

El valor medio de ST de la muestra a ensayar (mezcla de residuos seleccionada en la Acción A3) se encuentra en 20.000 kgST/L.

Considerando que se aplican los ultrasonidos sobre la muestra durante un tiempo de 50 minutos (producción de 20 L/h), y para un valor de $E_s = 30.000$ kJ/kg, aplicando la Ecuación 1, se obtiene que es necesaria una potencia de ultrasonidos de 4 kW.

Puesto que los módulos de ultrasonidos estándar se comercializan de forma mayoritaria en potencias de 1 kW y la necesidad de materia prima para la planta de digestión anaerobia (20 L/día) es mucho menor que la velocidad de tratamiento de la planta de ultrasonidos (20 L/h), se han seleccionado, con el fin de optimizar costes, tres sistemas comerciales de tratamiento de ultrasonidos que trabajen a una frecuencia alrededor de 20 kHz, con una potencia de 1 kW, y que sean capaces de tratar al menos 5 L/h. Las tuberías de entrada y salida de la muestra, con el fin de evitar atascos (dadas las características de la muestra a tratar), deben de ser de al menos 1".

	LIFE + VALPORC LIFE 13ENV/ES/001115 VALORIZACIÓN DE CADÁVERES DE PORCINO MEDIANTE SU TRANSFORMACIÓN EN BIOCOMBUSTIBLES Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS	
	Valorization of pig carcasses through their transformation into biofuels and organic fertilizers	

Aunque en la memoria del proyecto se especificaba que el equipo de ultrasonidos seleccionado ofrecería la posibilidad de trabajar a diferentes frecuencias de 37, 75 y 100 kHz y potencia de 600 W, tras realizar diferentes ensayos a escala laboratorio con los equipos de ultrasonidos de los que dispone CARTIF sobre la mezcla seleccionada en la acción A3, se ha concluido que los mejores resultados se obtienen a la frecuencia más baja (37 kHz), por lo que se ha decidido descartar del equipo a comprar la posibilidad de que pudiera trabajar a frecuencias mayores (75 y 100 KHz), ya que además de no contribuir a la mejora del proceso, suponía un incremento en el coste del equipo en más del 200%. Por tanto, basándonos en la experiencia previa de laboratorio, la bibliografía consultada y la disponibilidad de equipos comerciales, se decidió la compra de equipos con una frecuencia de trabajo cercana a los 20 kHz.

A.2 Compra

Durante esta tarea se han pedido, basándose en las especificaciones que aparecen en el apartado de Diseño, tres ofertas a tres proveedores diferentes de sistemas de ultrasonidos, con el fin de encontrar el equipo de ultrasonidos que pueda ser integrado fácilmente, desde el punto de vista técnico, con la planta piloto de digestión anaerobia que dispone CARTIF, y al menor precio posible.

A continuación se muestra la Tabla 1 con una comparativa de los tres proveedores seleccionados:

Tabla 1. Comparativa de proveedores de ultrasonidos seleccionados.

Proveedor	Equipo	Características					Coste (€)
		P (kW)	F (kHz)	Reactor de tratamiento (mL)	Diámetro tubería alimentación y salida residuo	Protección trabajo en seco	
Toscano	DUMO Ultralyzer	1	25	5000	1.5 "	SI	13.699+IVA
Hielscher (suministra Mervilab)	UIP1000hdT-230	1	20	100	1/2"	SI	11.437+IVA
Sinaptec	800 W ultrasonic pipe	0,8	22	500	1/2"	NO	13.000+IVA

En el Anexo a este informe se adjuntan las ofertas de cada uno de los proveedores.

La oferta seleccionada ha sido la del proveedor Toscano, puesto que aunque el precio es un 5,3 % mayor que la del proveedor Sinaptec y un 19,7% que la del proveedor Mervilab, el volumen de tratamiento es 10 veces mayor que en el caso de Sinaptec y 50 veces mayor que en el caso de Mervilab. Además los diámetros de tubería proporcionados por los otros dos proveedores (1/2") son muy pequeños para el residuo seleccionado a tratar, lo que provocaría constantes atascos en las tuberías de entrada y salida del equipo. Otro punto favorable y diferenciador del proveedor Toscano con respecto a los otros dos proveedores es la inclusión en la oferta del transporte, montaje y formación del personal que lo va a utilizar en las instalaciones de CARTIF.

A.3 Integración del módulo de ultrasonidos.

Durante esta tarea se ha realizado el Layout (Figura 1) de la instalación que esquematiza la distribución de los nuevos elementos implicados asociados a la etapa de ultrasonidos y su interconexión con el resto de elementos de la planta piloto de digestión anaerobia. Como puede observarse, el equipo de ultrasonidos se ha insertado después de la etapa de trituración de los residuos a tratar y antes del tanque de homogeneización que alimenta el reactor acidogénico de la planta piloto de digestión anaerobia. La planta se encuentra ubicada en nave 3 del edificio III de la Fundación CARTIF.

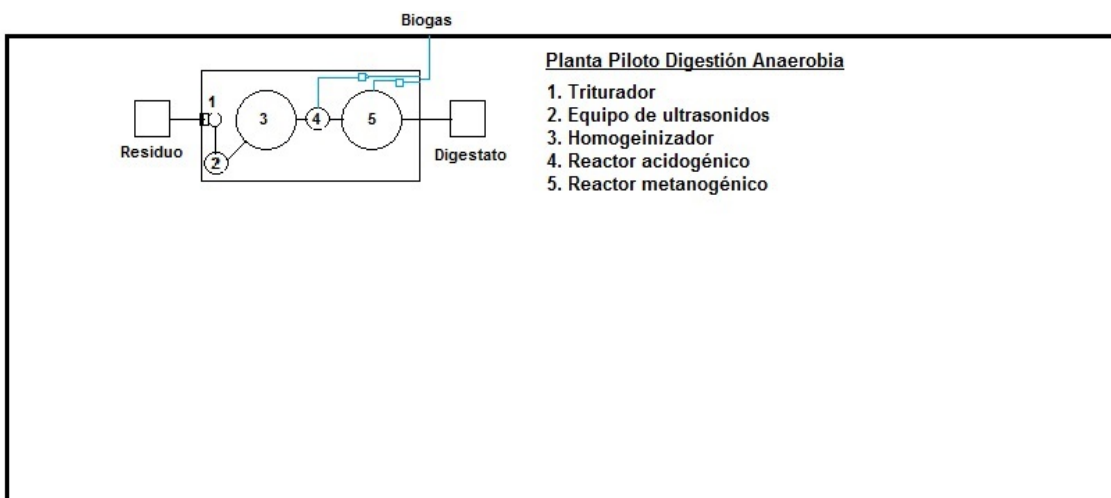


Figura 1. Layout de la instalación.

A continuación se muestra una fotografía del equipo de ultrasonidos seleccionado (Figura 2), así como un plano con las dimensiones del mismo (Figura 3).



Figura 2. Equipo de ultrasonidos

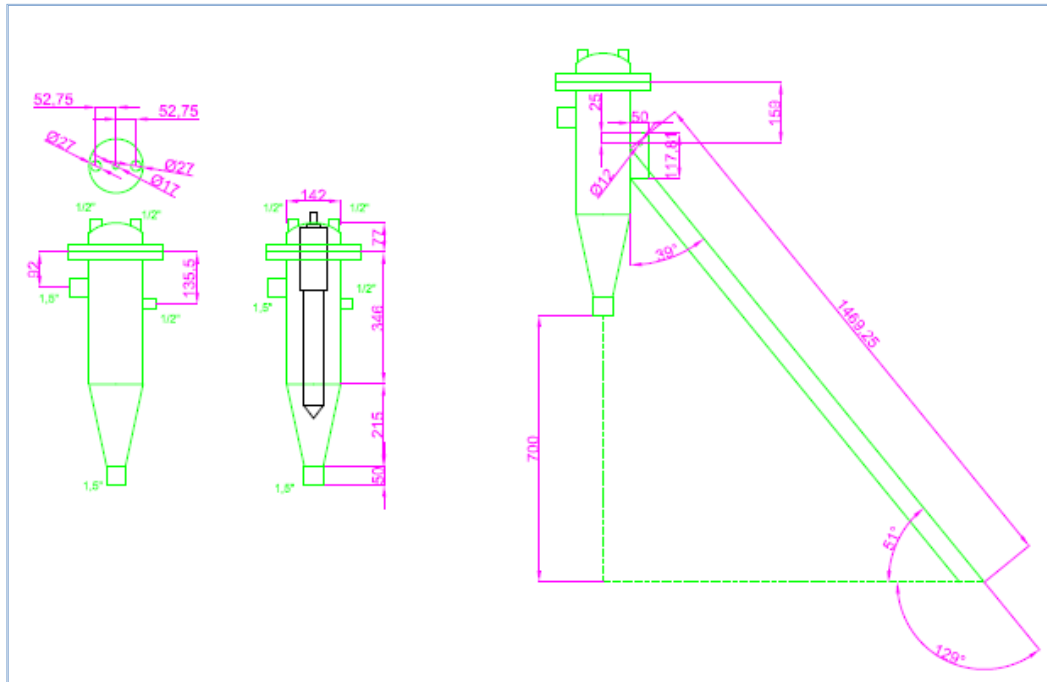




Figura 3. Dimensiones equipo de ultrasonidos

Bibliografía


- BOUGRIER, C.; H. CARRÈRE; J.P. DELGENÈS, (2005). Solubilisation of waste-activated sludge by ultrasonic treatment. *Chemical Engineering Journal* 106, p. 163-169. ISSN 1385-8947.
- NEIS, U., NICKEL, K., TIEHM, A., (2000). Enhancement of anaerobic sludge digestion by ultrasonic disintegration. *Water Sci. Technol.* 42 (9), 73–80.
- SHOW, K-Y., MAO, T., LEE, D-J. (2007). Optimisation of sludge disruption by sonication. *Water Research*, 42, pp.4741-4747.

	LIFE + VALPORC LIFE 13ENV/ES/001115 VALORIZACIÓN DE CADÁVERES DE PORCINO MEDIANTE SU TRANSFORMACIÓN EN BIOCOMBUSTIBLES Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS	
	Valorization of pig carcasses through their transformation into biofuels and organic fertilizers	

Anexo. Ofertas ultrasonidos

A continuación se muestran las tres ofertas recibidas:

1) Oferta proveedor Toscano



CARTIF **Presupuesto Nº: 2016/69 /1**



NIF: Fecha: 29/01/2016
 VAT No: Date: 29/01/2016
 Parque Tecnológico de Boecillo, 205 Plazo de entrega: CONSULTAR
 47151 - Boecillo- VALLADOLID Delivery Date: CONSULTAR
Fecha de validez: 1 MES
Validity: 1 MES
 C.C.: 00999900000 Forma de Pago: Contado
Payment Terms: Contado
A la atención de : M^a Dolores Hidalgo Referencia:
For the attention of: Referencia:
Tipo de Portes:
Freight Terms:

Pos	Referencia / Descripción	Cant	Pre. Unit	% Dto.	Importe
Line	Product Code / Description	Quantity	Unit Price	% Off	Net price
1	50010710 DUMO SP DUMO SX STANDARD 1,000W	1,00	14.420,00	5,00	13.699,00
2	50008506 TRANSPORTES VENTAS GASTOS DE TRANSPORTE/FREIGHT CHARGES/FRAIS DE PORT	1,00	0,00	0,00	0,00
3	00000001 PUESTA EN MARCHA EN DESTINO	1,00	0,00	0,00	0,00
4	00000042 BANK DETAILS: BANK ADDRESS: Banco Bilbao Vizcaya Argentaria S.A., Branch 5474, 41500 Alcalá de Guadaíra (Sevilla) - Spain IBAN CODE: ES72 0182 0411 5102 0851 7108 BIC CODE: BBVAESMMXXX BENEFICIARY: TOSCANO-LINEA ELECTRONICA, S.L. REIMBURSING BANK'S CHARGES: SHA (SHARED)	1,00	0,00	0,00	0,00
5	00000001 PVPAL E-MAIL ADDRESS: e-cobro@toscano.es FORMA DE PAGO TRANSFERENCIA 40% AL PEDIDO TRANSFERENCIA 30% A LA ENTREGA DEL EQUIPO CONFIRMING 60 DIAS DEL 30% RESTANTE A LA PUESTA EN MARCHA	1,00	0,00	0,00	0,00



Base Importe (Net Amount): 13.699,00 €
IVA no incluido

• Pedidos inferiores a 150€, pago por adelantado IBAN: ES97 0075 1837 8306 0742 6944, BIC/SWIFT CODE: POPUESMM
 • Con la aceptación de la presente oferta el cliente se compromete al cumplimiento de la nueva normativa de pagos Ley 15/2010 de fecha 05 de Julio.
 • Esta oferta está sujeta a nuestras condiciones generales de venta.

Gestor Toscano: Toscano Manager Fdo. GIRALDEZ COSANO, JOSE JESUS	Conforme Cliente: As the customer
--	--------------------------------------

TOSCANO LINEA ELECTRONICA, S.L. - Autovía A-92, Km. 6,5 - 41500 - Alcalá de Guadaíra - Sevilla - SPAIN - Tlf: (34) 954 999 900 - Fax: (34) 954 259 360/70 - CIF: B41413626

Página 1 de 1



LIFE + VALPORC LIFE 13ENV/ES/001115
VALORIZACIÓN DE CADÁVERES DE PORCINO MEDIANTE SU
TRANSFORMACIÓN EN BIOCOMBUSTIBLES Y FERTILIZANTES
ORGÁNICOS



Valorization of pig carcasses through their transformation
into biofuels and organic fertilizers

Detalle de la oferta

Ref.	Descripción	Precio €
	A. Generador ultrasónico	
	➢ Potencia de salida HF: 1000W	
	➢ Suministro eléctrico: 230 V, 50/60 Hz	
	➢ Rango de temperatura de trabajo: 5 – 40° C	
	-Pantalla LCD multifunción	
	-Indicación de estado	
	-Modo de test	
	-Protección contra cortocircuitos	
	-Protegido contra sobre-temperaturas	
	B. Transductor sumergible	
	➢ Potencia de salida: 1000 W	
	➢ Modo de operación: doble media onda	
	➢ Frecuencia: 25 KHz	
	➢ Fabricación: Acero inoxidable austenítico 1.4571	
	C. Armario para montaje de generador de ultrasonidos especialmente diseñado para la aplicación	
	➢ Protección magnetotérmica	
	➢ Protección diferencial	
	➢ Detector funcionamiento en seco	
	➢ Cable de alimentación 5m	
	D. Cableado de conexión del transductor recubierto de acero inoxidable trenzado	
	E. Cuerpo reactor especialmente diseñado para la aplicación consistente en:	
	➢ Cabina cilíndrica de acero inox. de 5"	
	➢ 2 válvulas.	
	➢ 2 puntas roscadas de acero inox. de 1,1/4"	
	➢ Brida de acero inox. de 5"	
	➢ Superficie semicónica que ajusta al máximo la cavitación.	

toscano

DUMO

	F. Bancada	
	G. Puesta en marcha	

Condiciones de pago:



- Transferencia anticipada

El plazo de entrega se sitúa en las 5 semanas desde la confirmación del pedido.

Los portes están incluidos en la oferta.

toscano

DUMO

	LIFE + VALPORC LIFE 13ENV/ES/001115 VALORIZACIÓN DE CADÁVERES DE PORCINO MEDIANTE SU TRANSFORMACIÓN EN BIOCOMBUSTIBLES Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS	
	Valorization of pig carcasses through their transformation into biofuels and organic fertilizers	

2) Oferta proveedor Mervilab



C/ Belmonte de Tajo, 76, 1ºB
 Tel.: 91 565 12 64 (3 líneas)
 Fax: 91 565 23 65
 28019 MADRID
 www.mervilab.com
 mervilab@mervilab.com

PRESUPUESTO

FUNDACIÓN CARTIF
 Parque Tecnológico Boecillo, 205

47151 - BOECILLO (VALLADOLID)



Presupuesto Nº	Fecha	Página	Cód. cliente
42978	29-06-2015	1	2121

Cantidad	Descripción	Artículo	Precio unitario	Total
1	Industrial ultrasonic processor UIP1000hdT-230 (1000W), 20kHz (auto-scan), touch screen, amplitude adjustable 20-100%, dry running protected, incl. power measurement, socket for ethernet and PT100, 3m cable transducer to generator 230V~1P (8A), 50-60Hz	UIP1000hdT-230	8.590,00	8.590,00
1	Block sonotrode BS4d34, for UIP500 to UIP4000, for use with flange RFLA100, for flow cell or batch operation, titanium, tip diam. 34mm, male thread M14x1, L approx. 125mm (w/o thread), amplitude ratio approx. 1:1.0	BS4d34	760,00	760,00
1	Flow cell FC100L1K-1S decomposable stainless steel reactor with cooling jacket, max. pressure 5 bars, for UIP500 to UIP2000 in combination with sonotrode flange and stand ST2, NBR O-rings, tube connectors (fluid 1/2", cooling 1/2") with clip	FC100L1K-1S	1.295,00	1.295,00
1	SOPORTE ST2 acero inoxidable electropulido, necesario para las células de flujo FC100L1-1S altura regulable 370 a 590mm, bandeja	ST2	792,00	792,00

Observaciones :
 *Forma de pago 50% al realizar el pedido 50% restante a 60 días fecha factura.

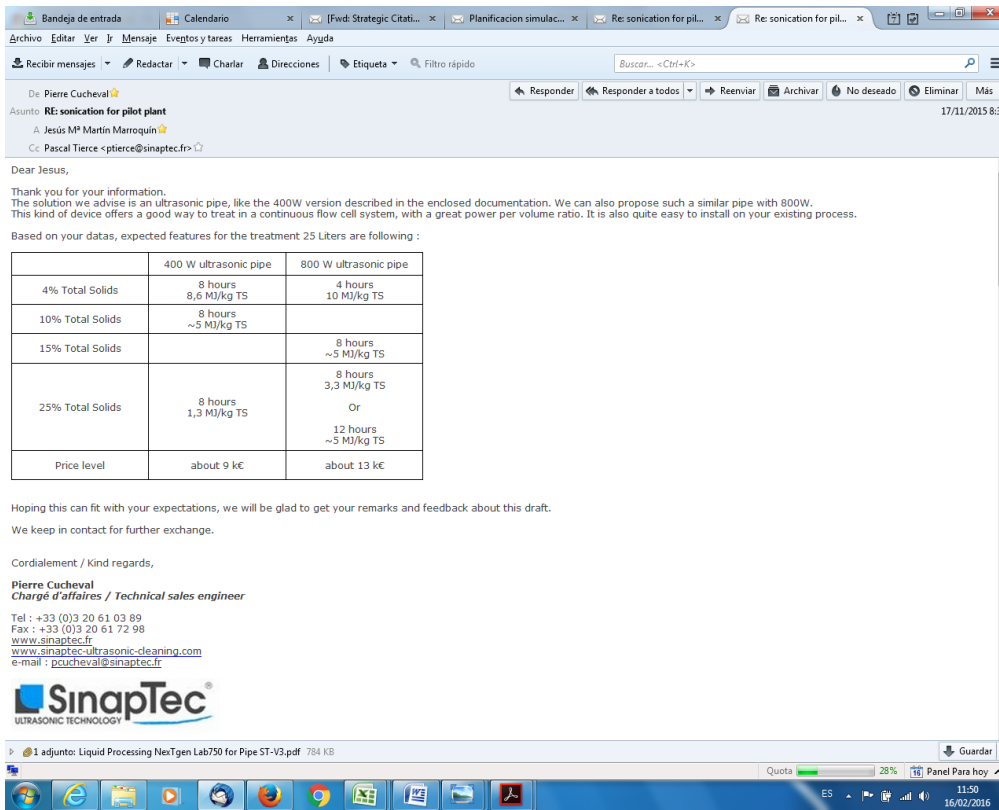
Base Imponible	11.437,00
Importe IVA 21,00%	2.401,77
Total Presupuesto €	13.838,77

Registro Mercantil de Madrid, Tomo 7937, Sección 3ª, Folio 46, Hoja 76813, inscripción 1ª, Fecha 25-7-1987, C.I.F. A-78552429

	LIFE + VALPORC LIFE 13ENV/ES/001115 VALORIZACIÓN DE CADÁVERES DE PORCINO MEDIANTE SU TRANSFORMACIÓN EN BIOCOMBUSTIBLES Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS	
	Valorization of pig carcasses through their transformation into biofuels and organic fertilizers	

3) Oferta proveedor Sinaptec

En este caso, el proveedor nos envió la oferta por email, con un archivo pdf con las características del equipo.

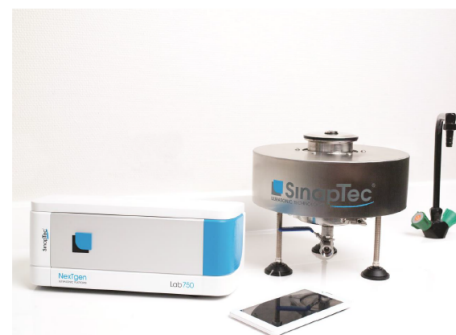


Lab Ultrasonic processor for pipe
20/07/2015

I Specifications of the Lab750 Ultrasonic for pipe

I.1 Equipment

- Ultrasonic generator from the NexTgen range delivering up to 750W_{max} in a continuous way
- **Lab tube Processor including the 22kHz transducer,**
- **LabTablet interface for easy setting,**
- Temperature control device with temperature sensor included to the ultrasonic generator to allow temperature monitoring,
- Control and monitoring software for the NexTgen generator,
- Technical documentation.



I.2 The NexTgen ultrasonic power generator

We therefore propose the use of a NexTgen Lab750 generator providing a rated power of 750W_{max}. The sonication is performed in a volume up to 600ml in batch and very large volume with a circulating process.



LIFE + VALPORC LIFE 13ENV/ES/001115
VALORIZACIÓN DE CADÁVERES DE PORCINO MEDIANTE SU TRANSFORMACIÓN EN BIOCOMBUSTIBLES Y FERTILIZANTES ORGÁNICOS

Valorization of pig carcasses through their transformation into biofuels and organic fertilizers



Lab Ultrasonic processor for pipe
20/07/2015



Lab Ultrasonic processor for pipe
20/07/2015

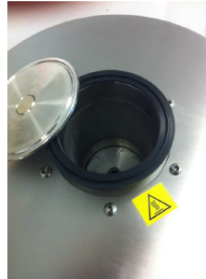
The parameters of the generators from the NexTgen range can be defined by a LabTablet c by computer thanks to an Ethernet connection and a control software enabling the power tuning. This elementary setting software is called "Start" and is supplied with the generator. A general and technical documentation is added to the offer and describes the generator and its software features.

Basic features:

- A single control mode : auto-tuned frequency mode,
- On/Off by with pushbutton/footswitch,
- The power setting can be done by computer and thanks to the "START" configurative software.

Optional features:

- Control parameters available through the "Advanced" PC software,
- Acquisition of information on PC via Ethernet connection, recovery of ultrasound and temperature data for post-processing on Excel with the "NexTgen Advanced" PC software.



I.3 The 22kHz Lab Pipe:



- The equipment consist of a tube with radial external transducer fixed around the tube. The main advantage of this configuration to promote radial propagation with a high level of energy along the axis of the tube. There is no probe inside and the cavitation erosion is less important regarding the high power of the system. The Tube processor sonicate in batch condition with volume arrangement from 0.5 liter with a thick tap at the bottom up to 0.8 liter. In these configurations the power/liter is able to increase to 800W/l.

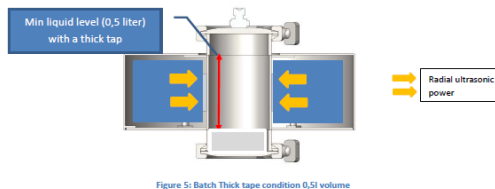
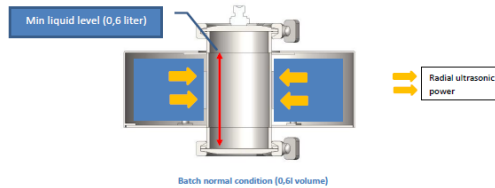
Tube Processor Power (Watts Rms)	tube diameter (mm)	Liquid level (mm)	Sonicated volume (Liter)	Power/Liter (W/L)
400	80	90	0,5	885
400	80	120	0,6	663
400	80	150	0,8	531

The Art of Ultrasonic Technology

The Art of Ultrasonic Technology



Lab Ultrasonic processor for pipe
20/07/2015



In batch condition, the temperature increase is fast, and to avoid any problem, the temperature is managed with the generator with a stop condition. It is very easy to adapt this equipment for continuous processing by removing the two taps and connect the equipment in a loop. The scale up consist to provide an industrial tube with a 4 to 8 identical stages.

