

Sistema de Valorización Energética de Residuos Industriales

BENITEZ, Jorge Bruno ^a; SZMANDIUK, Leonardo Ariel ^a; CABRAL Roberto José ^{a,b}; Oliveira Mario Orlando ^{a,b}

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^b Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica - LIDEE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: brubelor@gmail.com, leonardoszmandiuk1.0@gmail.com, robert_rjc@hotmail.com, ingenioli@gmail.com

Resumen

El proyecto consiste en el estudio y diseño de un sistema de incineración de residuos sólidos industriales caracterizados, con tecnología de parrilla y recuperación de energía. La iniciativa de realizar este trabajo surge para brindar una solución a las pequeñas y medianas industrias de la provincia de Misiones, a fin de preservar los recursos naturales y disminuir el impacto en el medio ambiente a través de la generación de energía con recursos no renovables.

La tecnología a emplear en el incinerador es de doble cámara de combustión, con de doble parrilla fija e inclinada, que permite un quemado suave y consigue incinerar el residuo en bruto. Se diseñarán los sistemas de alimentación de aire de tal manera que la combustión se realice de la forma más completa posible.

El calor producido en esta incineración será reutilizado mediante un sistema, que consistirá en un pre-calentador de aire para caldera y un economizador, que irán adaptados al sistema de tiro. Además, se implementará un sistema de control automatizado, que regulará los parámetros del proceso.

Palabras Clave – Sistema de Control, Combustión, Energía, Gases de combustión, Residuos sólidos industriales, Valorización de residuos sólidos.

1. Introducción

El objetivo de este proyecto es brindar una solución técnica-económica eficiente para la gestión de residuos sólidos de la industria, mediante la investigación, diseño y estudio de diferentes metodologías y equipamientos para la ejecución de un sistema de incineración de residuos sólidos urbanos con recuperación de energía térmica.

El sistema de incineración constará con una tecnología de doble cámara de combustión con una capacidad de incinerar 200 kilogramos de residuos sólidos urbanos(RSU) caracterizados por hora. El calor generado en la combustión será recuperado y utilizado en el sistema de generación de vapor para proceso de la industria mediante la implementación de pre-calentadores de aire y de economizadores.

Se diseñará un sistema de eliminación de humos a fin de controlar las emisiones de gases al ambiente[1] y [2].

1.1. Justificativa y Contribuciones

Debido a que la gestión de residuos tanto a nivel nacional como provincial, se encuentra en un estado de estancamiento, ya que el principal método de tratamiento de R.S.U. es el vertido en rellenos sanitarios y los mismo se ven colapsados dejando poco margen de tiempo para buscar una alternativa a este tratamiento. Se cree que es de suma importancia la investigación, desarrollo y diseño de nuevas tecnologías como la elegida, para la aplicación de nuevas alternativas de tratamiento de residuos.

Este estudio fue iniciado gracias a la problemática común que tiene las industrias misioneras, particularmente del departamento capital (Ciudad de Posadas y Garupá) con la gestión de sus residuos. Mediante este proyecto se intentará incentivar lugares de acopio de residuos de dos o tres medianas industrias, para su posterior tratamiento y valorización.

1.2. Organización del Artículo

El siguiente artículo está organizado para una correcta comprensión y evaluación del sistema de valorización energética de residuos industriales en seis secciones:

Sección primera: presenta una introducción general del problema a ser resuelto.

Sección segunda: presenta un breve estudio del estado del arte y situación actual de la gestión de RSU.

Sección tercera: desglosa el desarrollo técnico de todo el proyecto y de cada una de sus partes esenciales.

1.3. Objetivo General

Aprovechar la energía obtenida en la eliminación de residuos de la industria mediante un sistema de incineración y recuperación del calor de combustión acoplado a un generador de vapor.

1.4. Objetivos Específicos

Lograr una combustión lo más completa posible, mediante un diseño óptimo de la cámara de combustión y un sistema de eliminación de humos.

Ahorrar energía y material combustible en la caldera.

Brindar una solución técnica eficiente para la eliminación de residuos de la industria.

Cumplir con las normativas correspondientes a la emisión de gases y tratamiento de residuos industriales.

2. Estudio del Estado del Arte

La Gestión y tratamientos realizados a los residuos sólidos urbanos durante las últimas décadas ha realizado un progreso importante en los diferentes sistemas de tratamientos, sean térmicos, deposición en vertederos, reutilización mediante reciclaje, etc. [3]. Actualmente las medidas de mitigación son elementos integrales del sistema de tratado de residuos, estas medidas están destinadas a la minimización de peligros para nuestra salud y el medio ambiente [1] y [2].

2.1. Antecedentes

Según [3] existen diferentes metodologías y sistemas de tratamiento de los RSU que se diferencian entre sí principalmente por sus procesos y formas de degradación o gestión de los residuos.

A. Procesos biológicos

- *Compostaje*: El compostaje es un proceso biológico, aeróbico y termófilo de descomposición de residuos orgánicos bajo condiciones controladas que transforma los residuos orgánicos biodegradables en un producto conocido como compost aplicable a los suelos como abono

- *Digestión anaeróbica*: Este proceso consiste en el tratamiento biológico de los residuos orgánicos biodegradables en ausencia de oxígeno, la descomposición de los residuos en un ambiente controlado. Se obtiene biogás, rico en metano utilizado para la generación de energía, y un producto de la digestión, potencialmente utilizable como enmienda del suelo por su alto contenido en nutrientes.

B. Procesos Mecánicos

- *Reciclaje*: Las plantas de reciclaje permiten recuperar parte de los componentes presentes en los residuos sólidos urbanos para ser reutilizados. La tecnología a emplear en estas plantas dependerá de la composición de los residuos a tratar, especialmente si éstos han sido separados en origen o no. Las tecnologías a emplear a tal fin comprenden procesos de separación manual, clasificación neumática, separación por densidad, separación magnética, por corrientes de Foucault, etc. Así mismo, se pueden integrar a las plantas de reciclaje plantas de compostaje o digestión anaerobia para el tratamiento de la fracción orgánica biodegradable presente en los residuos.

C. Vertido

Estas instalaciones requieren la utilización de un conjunto de sistemas dirigidos a la recepción de los residuos, control de las emisiones y minimización del impacto medioambiental. Los productos resultantes del vertido de residuos sólidos urbanos con presencia de materia biodegradable son biogás (compuesto de metano y dióxido de carbono) y lixiviados, por lo que los vertederos controlados deberán estar equipados con sistemas de contención y extracción de dichos productos. El gas obtenido puede emplearse posteriormente para la generación de energía.

D. Procesos Térmicos

En particular, los tratamientos térmicos tienen como principal objetivo:

- Eliminar los residuos de forma casi completa, reduciendo su masa y volumen.
- Destruir los contaminantes residuales.
- La recuperación del contenido de energía del residuo en forma de productos con valor añadido, energía térmica o eléctrica.

Los procesos térmicos para el tratamiento de RSU comprenden la pirolisis, la gasificación y la incineración descritos a seguir.

Pirolisis: Es un proceso consistente en la degradación térmica de los residuos en ausencia de agente oxidante. Este proceso se lleva a cabo en un rango de temperaturas comprendido entre 400-800 °C. Cuando se aplica al tratamiento de RSU, la acción del calor descompone moléculas complejas en otras más simples, obteniendo como productos finales una sustancia sólida carbonosa (char), líquido y gas. Las proporciones relativas de los mismos dependerán de la temperatura a la que sean expuestos, el tiempo de la exposición y la propia naturaleza de los residuos a tratar.

Gasificación: La gasificación es un proceso consistente en la conversión de materia sólida o líquida en gas mediante una oxidación parcial con aplicación de calor. La oxidación parcial se obtiene restringiendo el suministro del agente oxidante, generalmente aire. En el caso de que la materia a tratar sean residuos sólidos urbanos, compuestos en su mayoría por materia orgánica, el gas resultante del proceso de gasificación estará formado por una mezcla de monóxido de

carbono, dióxido de carbono, hidrógeno, metano, agua, nitrógeno y pequeñas cantidades de hidrocarburos. En cualquier caso, el gas obtenido de la gasificación de RSU necesitará un pos tratamiento para su adecuación como combustible.

Incineración: Se define como el proceso exotérmico de oxidación completa de la materia a alta temperatura para convertirla en gas (principalmente vapor de agua y dióxido de carbono) y cenizas, además de calor. El comburente utilizado es generalmente aire. Es el proceso térmico más extendido para el procesado de RSU, y existen numerosas tecnologías para la incineración de residuos. Éstas pueden ser divididas genéricamente en dos grandes grupos:

- Hogares de parrilla: horizontal o inclinada, fijas o móviles.
- Hogares de lecho fluidizado: circulante, burbujeante o rotativo.

En el funcionamiento de una planta incineradora con tecnología de parrilla de rodillos móviles los RSU son introducidos en el horno a través de una tolva de alimentación mediante un pulpo. En el hogar se lleva a cabo el proceso de secado y combustión de los residuos, así mismo, el flujo de los mismos se logra mediante la utilización de un sistema de rodillos móviles inclinados, que además permiten remover y mezclar los RS a fin de asegurar una combustión completa y homogénea. Las cenizas resultantes de este proceso son recogidas y tratadas. El comburente empleado en la combustión es generalmente aire, el cual es introducido en el horno a través de los rodillos. Los gases resultantes de la combustión son posteriormente dirigidos a la caldera de recuperación con el fin de generar energía por medio de un ciclo de Rankine. Por último, antes de su emisión a la atmósfera deben ser sometidos a un proceso de limpieza mediante absorbedores y filtros con el fin de cumplir las restricciones en materia medioambiental.

Los hornos con tecnología de lecho fluidizado, en lugar de un sistema de parrilla, poseen un sustrato de arena refractaria que se mantiene en constante agitación gracias a un sistema de inyección de aire. Estos hornos están equipados con quemadores auxiliares que elevan la temperatura del lecho, mientras que los residuos son depositados en la parte superior del mismo, o bien inyectados desde la parte inferior. La fluidificación tiene lugar cuando la caída de presión del aire que atraviesa el lecho iguala el peso por unidad de sección transversal del mismo. La velocidad del aire a la que esto sucede se denomina velocidad de fluidificación mínima. Incrementar la velocidad por encima de este punto permite que el lecho se expanda permitiendo el burbujeo del mismo. A aproximadamente el doble de la velocidad de fluidificación mínima el lecho se comporta de forma similar a un líquido en ebullición, siendo este punto la región de funcionamiento habitual de los incineradores convencionales de lecho fluido burbujeante. Los hornos de lecho fluido circulante operan a velocidades de inyección de aire muy superiores (en torno a 20 veces la velocidad mínima de fluidificación) lo que genera una mayor turbulencia y arrastre de materiales del lecho posteriormente recuperados en un multiciclón. De forma similar a las plantas con tecnología de parrilla, los gases son posteriormente enviados a una caldera para la generación de vapor. Los sistemas de limpieza de gases son esencialmente similares en ambas tecnologías.

2.2. Estado actual de la incineración de RSU

Nivel Global

Según [4] la incineración es uno de los procesos térmicos de residuos recomendados por la Unión europea dentro del marco de gestión integral de residuos recogido en la directiva 75/442/CE de la comunidad europea. Actualmente, es el proceso de valorización energética más desarrollado y empleado. Las ventajas aportadas por la tecnología de incineración para el tratamiento de RSU se pueden analizar desde dos perspectivas:

- Medioambientales:

- Reduce considerablemente el volumen de los residuos (95%)
- Reduce de forma notable los efectos contaminantes de los RSU.
- Reduce la emisión de gases de efecto invernadero, ya que:
 - a- Produce electricidad generando menos cantidad de CO₂ que la combustión de carbón, petróleo o gas.
 - b- Evita la emisión incontrolada de gases procedentes de la combustión.

- Económicas

- Reduce las necesidades de importación de combustibles fósiles.
- Permite la valorización energética de los RSU, constituyendo de esta forma una fuente de energía alternativa.

De igual manera el principal problema de la incineración sigue siendo la emisión a la atmósfera de agentes contaminantes presentes en los gases producidos durante el proceso de combustión. Con el fin de reducir el impacto medioambiental provocado por la operación de plantas incineradoras, se han establecido severas restricciones en materia de emisiones, que garantizan la seguridad de este proceso.

Por ello, es necesario dotar a la instalación de los medios técnicos necesarios para la limpieza de gases de combustión.

Nivel Nacional

En la actualidad en nuestro país el método más difundido o utilizado en la gestión de RSU es el vertido en rellenos sanitarios. Un claro ejemplo de la mala gestión de residuos es la situación del Área Metropolitana de la Ciudad de Buenos Aires en la cual, a partir de febrero de 2018 comenzó a funcionar el último módulo del relleno sanitario de la empresa estatal [5].

En el partido bonaerense de San Miguel, junto con el de González Catán recibieron 18.000 toneladas diarias de basura en el año 2017, unas 2000 más que el año 2016 [5].

El plan oficial, es impulsar la valorización térmica y diseñar un programa a 2030. Estas plantas se instalarían en predios ya impactados, o en lugares cercanos a donde ya hay algún tipo de disposición final. Se prevé siete plantas de incineración, que generarían energía para unos 3.700.000 habitantes, por lo que no sólo resolvería el tema residuos, sino que aportaría al sistema energético nacional[5].

Nivel Provincial

La recepción, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos y residuos patológicos en la provincia de Misiones está a cargo de la empresa AesA Misiones S.A. Dicha empresa no trabaja de manera exclusiva con el tratamiento de residuos industriales de la provincia.

Un ejemplo importante de la disposición de residuos de la provincia es la planta clasificadora en la ciudad de Montecarlo. Allí son separados los residuos orgánicos de los inorgánicos y los desechos que no se pueden reutilizar son destinados al relleno sanitario de Aguas Blancas. Esta planta de Clasificación de RSU clasifica actualmente un camión de residuos por día, la misma se acopia en una tolva, luego pasa a la cinta de elevación y un desgarrador de bolsas para caer en la cinta de clasificación donde los operarios separan los residuos en orgánicos e inorgánicos. En cuanto a los residuos orgánicos pasan a las parvas de compost y pasado un tiempo se trasladan al lombricario para producir abono de alta calidad. En cuanto a los residuos inorgánicos se los separa en vidrio que se acomoda en los boxes exteriores al tinglado; en plástico se prensa y también se deposita afuera; latas de conservas y bebidas, el papel y el cartón se presan y se depositan en los boxes internos para evitar los efectos del tiempo (sol, humedad, lluvia). La Planta está enmarcada en el Programa GIRSU (Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos) que pretende la clasificación en origen, esto significaba q en cada domicilio las familias deberán separar sus residuos en orgánicos e inorgánicos. Esto implica a su vez la recolección diferenciada es decir q los días lunes, miércoles y viernes se retiran los residuos orgánicos; y los días martes, jueves y sábados se recolectan los residuos inorgánicos incluyendo papel y cartón y los residuos sanitarios.

En tanto, en la ciudad de Posadas se instalará una planta de separación, clasificación y reciclaje de residuos con recursos municipales. Con una capacidad para procesar 10 Tn/hs de residuo, la encargada de la realización de ésta es la empresa santafesina Deisa.

Debido a la necesidad de impulsar la valorización de residuos por medio de la incineración en la ciudad de Posadas. Se realizó un trabajo en forma conjunta con estudiantes del instituto secundario Liceo Naval Militar “Almirante Storni” para la elaboración de un proyecto de ordenanza municipal que será presentado ante el consejo deliberante [6].

3. Desarrollo técnico

Según [3] el horno incinerador podrá procesar los residuos detallados en los parámetros de diseño. Esto es importante cumplir ya que el tiempo que tardará en incinerar, la producción de gases de combustión y el exceso de aire definido, están vinculados a las diferencias en los poderes calorífico calculados de uno y otro desperdicio.

El horno incinerador constará de una cámara combustión primaria, en la que se cargarán los residuos, trabajará a una temperatura estimada de 800°C y una segunda cámara que denominaremos de turbulencia donde se procederá a colocar un quemador de gasoil, la misma estará a una temperatura de alrededor de 1100°C, en la que se quemarán los humos provenientes de la cámara principal. Respecto a la ceniza resultante, se puede considerar el volumen de cenizas normal en el orden del 3% del producto inicial (6% en el peor caso). La técnica de doble cámara para quemar los residuos con exceso

para oxidar los gases, permite crear un efecto de quemado suave que disminuye el flujo de partículas hacia los gases. El grado de quemado efectivo de un determinado desperdicio dependerá de su composición, su contenido de humedad, su poder calorífico y su densidad.

La cámara de carga se construye en refractario resistente al roce mecánico y altas temperaturas. La cámara secundaria de reducción de humos cuenta con una geometría determinada para producir un tiempo de residencia de los gases de dos segundos, según lo sugerido por las normas, a una temperatura sobre los 1000°C la cual será prevista por el quemador. Los gases que salen de la cámara secundaria se redirigirán primeramente al economizador para elevar la temperatura del agua de alimentación, y luego al pre-calentador para calentar el aire del sistema primario y secundario de la caldera. La chimenea se fabrica en plancha de acero comercial, tratado con desengrasante y galvanizadas en caliente como recubrimiento resistente a la corrosión, además del aislamiento interior de refractario.

3.1. *Parámetros de diseño*

Listado de residuos admisibles

Cada componente de un determinado tipo de desecho afecta de modo diferente al proceso de incineración. Hay que tener en cuenta que en este caso se trata de un proceso unívoco, puesto que el horno no actúa sobre el desecho, sino que este lo hace sobre el horno porque se trata de un combustible. Este horno incinerador será capaz de procesar diferentes materiales si se lo hace trabajar con combustible extra como ser leña por ejemplo o mediante del quemador auxiliar, pero su rendimiento específico va a depender de las características del residuo admisible a quemar.

A continuación, se presentará la Tabla 1, donde en la misma se listarán los residuos admisibles para el momento de la incineración.

Tabla 1 – Residuos admisibles.

Tipos de Residuos	Características
Materiales plásticos	Hidrocarburos derivados (Sólido)
Cartón	Material Celulósico (Sólido)
Papel/Madera/aserrín	Material Celulósico (Sólido)
Resina/Pintura	Derivado Celulósico (Líquido)

Fuente: elaboración propia (de los autores), 2019.

Protocolo de aceptación de residuos:

Todos los residuos a tratar en la planta incineradora serán previamente caracterizados mediante una metodología que implementará toda la industria incluida sus seis sucursales de venta, que es una separación en origen de los residuos. Consiste básicamente en discriminar los materiales admisibles para la planta de los que no, como por ejemplo residuos orgánicos húmedos y materiales inertes como los metálicos, aceptándose solamente aquellos de carácter combustible mencionados en el listado anterior.

Composición de los residuos

Mediante un análisis estadístico de los residuos de la fábrica y sucursales se pudo determinar el porcentaje en peso de los residuos. El mismo consistió en pesar en varias bolsas de residuos, caracterizar los residuos en materiales poliméricos o derivados del petróleo, en material celulósico y residuos de pintura o resina. Pesó luego cada residuo por separado y calcular el porcentaje en masa. Se tomó una muestra de cinco bolsas de 10 kg cada uno.

En la Tabla 2 se presenta la Composición másica porcentual de una bolsa promedio de 10kg de los residuos de la fábrica y de sus sucursales de venta están compuestos por:

Tabla 2 – Composición másica porcentual de una bolsa promedio de 10kg.

Bolsa Promedio					
Material	Plástico	Cartón	Papel/Madera	Pintura y Resina	Total
kg	3,44	3,12	332	0,12	10
%	34,4	31,2	33,2	1,2	100

Fuente: elaboración propia (de los autores), 2019.

Análisis elemental de los mismos de acuerdo a la Tabla 3 [7]:

Tabla 3 – Composición química de los residuos.

	%C	%H	%O	%S
Polímeros	85,7	14,4	0	0
Material Cel.	50	6	42	0

Fuente: Aclaradas en las referencias.

Tecnologías a emplear en el incinerador

Combustión:

-Tecnología de parrilla inclinada: por su capacidad de incinerar el residuo en bruto según llega a la planta sin necesidad de tratamiento previo y una buena homogenización y secado de los residuos en la cámara.

- Quemadores para asegurar una alta calidad de combustión, eliminando en su totalidad los carbonillos y el CO. (Tiempo de residencia de los gases de 2 segundos a temperaturas superiores a 900°C).

-Muy bajo contenido de carbonillos en cenizas y gases.

-Sistema de control automático.

-Quemadores auxiliares para arranque y mantenimiento de los parámetros de la combustión.

Sistema de alimentación de aire:

El suministro de aire para la combustión consta de dos sistemas independientes, aire primario y aire secundario, resultando la suma del aporte de ambos sistemas en la cantidad de aire necesario para que la combustión se realice con un exceso de aire recomendado de 1,8, con el fin de asegurar la oxidación completa de todas las especies.

El diseño de la cámara permitirá un flujo correcto de residuos, y una homogeneización de estos, así como un reparto del aire de combustión homogéneo en toda su superficie, obteniendo un porcentaje muy bajo de no quemados en las cenizas resultantes del proceso de incineración.

Pre-calentador de Aire para la caldera:

Se pretende elevar la temperatura del aire para la combustión desde la temperatura ambiente a 120°C.

Economizador de la caldera:

El calentador calentará el agua proveniente del tanque de alimentación con los humos extraídos de la cámara de combustión. Estos humos posteriormente al proceso de cesión de calor en el economizador, son redirigidos al pre-calentador de aire.

-Se pretende elevar la temperatura del agua de alimentación de la caldera desde la temperatura ambiente hasta uno 70°C.

Sistema de análisis de emisiones

El incinerador contará con un sistema de medición en continuo de las emisiones en la chimenea.

Los componentes analizados por el sistema serán:

- Carbono orgánico total (TOC).
- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de carbono (CO₂).

Así mismo, se realizarán mediciones continuas de los siguientes parámetros:

- Concentración de O₂.
- Presión.
- Temperatura.

A continuación, en la Tabla 4, se presentarán los parámetros de diseño para el cálculo del sistema en general.

Parámetros básicos de diseño

Tabla 4 – Tabla de parámetros de diseño.

Capacidad de tratamiento anual	360 [Ton/año]
PCI de diseño	6.448 [Kcal/kg]
Tecnología del horno	Parrilla fija inclinada
Flujo másico de residuos (ITH)	200 [kg/h]
Flujo másico de gases de escape	8.594 [Kg gs/h]
Carga Térmica de diseño	1.289.600 [kcal/h]
Carga Mecánica de diseño	200 [kg/h]

Fuente: elaboración propia (de los autores), 2019

4. Conclusiones

El proyecto a realizar tendrá gran importancia en la industria local, en particular a la fábrica de Pinturas Misioneras SRL. Debido a que aumentará en gran medida el rendimiento de la caldera, pudiendo tener un ahorro importante en combustible celulósico. También el mismo brindará un suministro de agua a temperatura elevada, para distintos usos dentro de la industria. Junto a esto, la empresa podrá prescindir del servicio de recolección de residuos. Además, la industria podrá brindar el servicio de acopio y tratado de residuos de industrias de la zona.

Una sugerencia para un proyecto futuro, es analizar la cantidad de residuos que admite el sistema, para poder generar energía eléctrica de forma autosustentable.

Referencias

- [1] LEY N°20.284, Contaminación atmosférica.
- [2] LEY N°24.449 Resolución 260/17 “Control de Emisiones”.
- [3] Defrieri, R. L.; M. P. Jimenez, D. Effron y M. Palma. “Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje” Agriscientia (Universidad nacional de Córdoba), Xavier Elías Castells “Reciclaje de residuos industriales” Universidad Politécnica de Cataluña, Michael Klug “Pirolisis, un proceso para derretir la biomasa” Universidad Católica de Perú, Carlos Augusto Estrada-Alberto Zapata Meneses “Gasificación de biomasa para producción de combustibles de bajo poder calorífico y su utilización en generación de potencia y calor” Universidad Tecnológica de Pereira, Xavier Elías Castells “Sistemas de tratamiento térmico. La incineración: Tratamiento y valorización energética de residuos” Universidad Politécnica de Cataluña.
- [4] AEVERSU, Asociación Española de Valorización de energética de RSU.
- [5] Ceamse, Coordinación Ecológica Metropolitana Sociedad del Estado, Argentina.
- [6] Consejo Estudiantil inclusivo 2019
- [7] Dra. Adelaida Ávila Sanabria “Química de los polímeros” Universidad Nacional de la Patagonia, MeIT1 (Maquinas e Instalaciones Térmicas 1) “Composición química de los combustibles” Facultad de Ingeniería Obera UNaM.