

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE  
LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO  
METROPOLITANO DE QUITO”**

Realizado por:

**INÉS MARÍA AYALA SÁNCHEZ**

Director del proyecto:

**ING. KATTY CORAL**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

Quito, 3 de Septiembre de 2013



## DECLARACION JURAMENTADA

Yo, INÉS MARÍA AYALA SÁNCHEZ, con cédula de identidad # 171568219-9, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Inés María Ayala S.

Inés María Ayala Sánchez  
C.C.: 171568219-9

## **DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**“CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR  
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO  
METROPOLITANO DE QUITO”**

Realizado por:

**INÉS MARÍA AYALA SÁNCHEZ**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

Ha sido dirigido por la profesora:

**ING. KATTY CORAL**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Ing. Katty Coral

**DIRECTORA**

## **LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**ANA RODRÍGUEZ**

**JORGE ESTEBAN OVIEDO**

Después de revisar el trabajo presentado,  
lo han calificado como apto para su defensa oral ante  
el tribunal examinador

  
Ana Rodríguez

  
Jorge Esteban Oviedo

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo de investigación a mi madre, quien ha brindado su apoyo constante y ha trabajado para formar la persona que soy el día de hoy

A mi padre, quien está siempre junto a mí guiando cada paso que doy e inspirándome para seguir adelante

A mi hermana, quien ha sido mi compañera y pilar en momentos de debilidad dándome la fuerza necesaria para cumplir mis metas

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco al cuerpo docente de la Universidad Internacional SEK, por su apoyo y paciencia a lo largo de la carrera

A la Ing. Katty Coral por su guía y apoyo incondicional durante los cinco años de duración de la carrera, en especial durante el desarrollo de esta investigación

Al Ing. Esteban Oviedo e Ing. Ana Rodríguez por su ayuda y consejo a lo largo de la investigación

A mi familia por educarme e impulsarme a ser mejor persona cada día

Al grupo de investigación sin cuyo esfuerzo no habría sido posible culminar el presente estudio

## Tabla de Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	El problema de investigación .....	1
1.1.1	Planteamiento del problema .....	1
1.1.1.1	Diagnóstico del problema.....	1
1.1.1.2	Pronóstico.....	2
1.1.1.3	Control de pronóstico .....	3
1.1.2	Formulación del problema.....	5
1.1.3	Sistematización del problema.....	6
1.1.4	Objetivo general .....	6
1.1.5	Objetivos específicos.....	6
1.1.6	Justificación.....	7
2.	MARCO TEÓRICO.....	8
2.1	Estado actual del conocimiento sobre el tema.....	8
2.2	Adopción de una perspectiva teórica.....	11
2.3	Marco conceptual .....	12
2.3.1	Residuo.....	12
2.3.2	Residuos Sólidos .....	12
2.3.3	Estación de transferencia.....	13
2.3.4	Valorización Energética .....	14
2.3.5	Incineración .....	15
2.3.6	Bomba Calorimétrica .....	15
2.3.7	Poder Calórico.....	15
2.4	Identificación y caracterización de variables .....	16
3.	MÉTODO.....	17
3.1	Nivel de estudio.....	17
3.2	Modalidad de investigación.....	17
3.2.1	Fase de Campo .....	17
3.2.2	Fase de laboratorio .....	19
3.2.2.1	Secado de Muestras y Cálculo del porcentaje de Humedad.....	19
3.2.2.2	Compresión de Muestras .....	21
3.2.2.3	Combustión de Muestras .....	21
3.2.2.4	Determinación de Ácido Nítrico y Azufre .....	24

3.2.3	Cálculo del Calor de Combustión (PCS).....	25
3.2.3.1	Cálculo de Constante del Equipo .....	25
3.2.3.2	Aumento de Temperatura (t) .....	26
3.2.3.3	Correcciones Termoquímicas .....	27
3.2.3.4	Calor de combustión (PCS).....	28
3.2.4	Cálculo del Calor de Combustión (PCI).....	29
3.2.5	Tratamiento Estadístico de Datos .....	29
3.2.6	Materiales y equipos.....	31
3.3	Método .....	31
3.4	Población y muestra .....	32
3.5	Selección de instrumentos de investigación .....	32
3.6	Validez y confiabilidad de los instrumentos .....	32
3.7	Procesamiento de datos .....	33
4.	RESULTADOS .....	34
4.1	Levantamiento de datos.....	34
4.2	Presentación y Análisis de Resultados .....	35
4.2.1	Metodología para la cuantificación del poder calórico .....	35
4.2.2	Resultados para la cuantificación de poder calórico de RSU del DMQ.....	47
4.2.2.1	Resultados de Humedad .....	47
4.2.2.2	Resultados de Cuantificación de Poder Calórico .....	51
5.	DISCUSIÓN.....	58
5.1	Conclusiones .....	58
5.2	Recomendaciones.....	62
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
7.	ANEXOS.....	67
	ANEXO I. Registro de Temperatura .....	67
	ANEXO II. Cálculo de Porcentaje de Humedad .....	110
	ANEXO III. Cálculo de Poder Calórico.....	112

## Índice de Tablas

Tabla No. 1 Materiales de Muestreo .....	31
Tabla No. 2 Equipos, Materiales y Reactivos utilizados durante la fase de laboratorio .....	31
Tabla No. 3 Registro de Muestreo.....	34
Tabla No. 4 Registro de temperatura.....	35
Tabla No. 5 Formato Registro de Temperatura.....	40
Tabla No. 6 Formato de Porcentaje de Azufre .....	42
Tabla No. 7 Formato de Porcentaje de Humedad.....	46
Tabla No. 8 Formato de Poder Calórico.....	46
Tabla No.9 Porcentaje de Humedad de Materia Orgánica .....	47
Tabla No. 11 Porcentaje de Humedad de Madera.....	50
Tabla No. 12 Poder Calórico de Materia orgánica .....	52
Tabla No. 13 Poder calórico de Papel y Cartón .....	53
Tabla No. 14 Poder Calórico de Madera.....	55

## Índice de Graficas

Gráfica No. 1 Jerarquía para el manejo de residuos.....	5
Gráfica No. 2 Composición de RSU en el DMQ .....	10
Gráfica No.3 Incremento de la Temperatura.....	40
Gráfica No. 4 Porcentaje de Humedad de Materia Orgánica .....	48
Gráfica No. 5 Porcentaje de Humedad de Papel y Cartón .....	50
Gráfica No. 6 Porcentaje de Humedad de Madera .....	51
Gráfica No. 7 Poder Calórico de Materia Orgánica .....	52
Gráfica No. 8 Poder Calórico de Papel y Cartón.....	54
Gráfica No. 9 Poder Calórico de Madera .....	56
Gráfica No. 10 Comparación de poder calóricos de residuos .....	57

## Índice de Imágenes

Imagen No. 1 Relleno Sanitario “El Inga” .....	9
Imagen No. 2 Estación de Transferencia Sur .....	14
Imagen No. 3 Estación de Transferencia Norte .....	14
Imagen No. 4 Bomba Calorimétrica.....	22

## Índice de Ecuaciones

Ecuación No. 1 Porcentaje de Humedad .....	20
Ecuación No. 2 Porcentaje de Azufre.....	25
Ecuación No. 3 Cálculo de la Constante del Equipo.....	26
Ecuación No. 4 Cálculo del Aumento de Temperatura.....	26
Ecuación No. 5 Cálculo del calor de combustión (PCS).....	28
Ecuación No. 6 Cálculo de poder calórico inferior (PCI) .....	29
Ecuación No. 7 Media Aritmética .....	29
Ecuación No. 8 Desviación Estándar .....	30
Ecuación No. 9 Error Relativo .....	30

## **RESUMEN**

Hasta el día de hoy el manejo de los residuos sólidos urbanos dentro del Distrito Metropolitano de Quito se ha enfocado principalmente en su disposición final, mas no en su aprovechamiento energético. Este hecho, junto al creciente consumismo de la población, ha generado serias pérdidas tanto ambientales como económicas para el Distrito. El presente proyecto tiene como objetivo la cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito, mediante el desarrollo de una metodología de análisis realizada en laboratorio, en el que por medio del uso de una bomba calorimétrica se calcula el calor liberado por una muestra específica. La determinación del poder calórico permite la valorización energética de los residuos, estableciendo así la posibilidad de utilizarlos como combustible o en la obtención de energía térmica y/o eléctrica. Durante la investigación, la cual incorporó a las categorías de materia orgánica, madera, papel y cartón, se determinó que las dos últimas pueden ser consideradas como materia prima óptima para un tratamiento térmico, siendo la categoría de madera la que presentó un mayor poder calórico. Los datos obtenidos abren paso a la posibilidad de incorporar un tratamiento térmico al sistema de manejo de los residuos urbanos generados dentro del Distrito.

**Palabras Clave:** Residuos sólidos; Valorización energética; Bomba calorimétrica; Poder calórico

## **ABSTRACT**

Until this day the management of solid waste within the Metropolitan District of Quito has been focused primarily on its final disposal but not on its energy recovery. This fact, together with the increasing consumerism of the population, has generated serious environmental and economic losses to the District. The following project aims to quantify Higher Heating Value (HHV) and Lower Heating Value (LHV) of Municipal Solid Waste (MSW) released at the Metropolitan District of Quito, by developing a laboratory-tested methodology of analysis. Heating Value of several samples was calculated with the help of a calorimeter bomb. Determination of Heating Value allows the recovery of energy in waste, thus establishing the possibility of using it as fuel or for obtaining heat and / or electricity. During the investigation, which incorporated the categories of organic matter, wood, paper and cardboard, it was determined that the last two could be considered as ideal for a thermal treatment, being the category of wood the one that presented a major heating value. The obtained information makes way to the possibility of incorporating a thermal treatment into the management system of urban waste generated inside the District.

**Key Words:** Solid Waste; Energy recovery; Calorimeter bomb; Heating Value

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 El problema de investigación**

En el Ecuador, hasta el momento, no se han desarrollado estudios significativos referentes al aprovechamiento energético de los RSU. El desconocimiento de este tema hace imposible la implementación y el desarrollo de nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos. El hecho de no incluir este importante tópico en las investigaciones actuales desencadena importantes pérdidas a nivel nacional.

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

Dentro del Distrito Metropolitano de Quito no se cuenta con información sobre el contenido energético de los distintos tipos de residuos que son generados dentro de su territorio, el desconocimiento en cuanto a este tema ha provocado graves consecuencias para la población. Resulta entonces de gran importancia el desarrollo de nuevos estudios y de metodologías específicas para su análisis.

##### **1.1.1.1 Diagnóstico del problema**

El constante crecimiento poblacional, junto al avance tecnológico de las últimas décadas, ha provocado un aumento descontrolado en el grado de consumo de la población, lo que conlleva a un incremento en la generación de residuos y por lo tanto a la degradación del ambiente. La masiva generación de residuos sólidos urbanos ha llegado a convertirse en uno de los principales problemas de la sociedad actual, estos no solo requieren de un gran espacio para ser depositados sino que su mal manejo puede significar deterioro en la salud de la población.

Un manejo inadecuado de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) implica efectos negativos a nivel social, económico y ambiental. Debido al estilo de vida consumista de la

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

sociedad, existe una generación de residuos despreocupada, en donde la composición de los desperdicios, su volumen y destino final son desconocidos. El manejo de los RSU, hasta el momento, ha sido enfocado simplemente en su disposición final mas no en su aprovechamiento energético. Si bien los residuos pueden ser vistos como indeseados para la persona que los desecha en su mayoría estos no han perdido su utilidad, es decir que podrían seguir siendo utilizados para el fin para el cual fueron creados.

En el caso particular del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se utiliza principalmente el método de compactación y disposición en un relleno sanitario, sin antes haber realizado una separación de residuos. El hecho de no realizar una clasificación o separación previa de los residuos, significa que muchos de ellos llegarán al relleno sanitario sin haber cumplido con su ciclo de vida útil, generando así serias pérdidas a nivel económico y un sinnúmero de problemas ambientales. El manejo de estos residuos se ubica entre los principales problemas del DMQ, no solo por la cantidad de desechos manejados sino por los impactos ambientales que implica el tratamiento de los mismos.

### **1.1.1.2 Pronóstico**

El manejo actual de los RSU dentro del Distrito resulta insuficiente debido a la gran cantidad de residuos generados y a la composición de los mismos. En caso de conservar este manejo, resultaría inevitable la implementación de un nuevo relleno sanitario en un futuro no muy lejano, y debido al crecimiento exponencial que experimenta la población, es probable que este nuevo relleno requiera de un tamaño mayor, consecuentemente, encontrar un área adecuada para la construcción de una nueva instalación se dificultaría cada vez más.

En la actualidad, los impactos ambientales generados por una ineficaz disposición de los residuos sobrepasan la capacidad de manejo de las instituciones que los tratan, dentro de unos años estos impactos podrían llegar a ser insostenibles. Es por esta razón que resulta de

vital importancia la implementación de nuevos tipos de tratamientos dentro del manejo de los residuos. La falta de nuevos tratamientos y nueva tecnología dentro del sistema de manejo significaría una grave pérdida económica para el DMQ, no solo por la necesidad que se tendrá de contratar empresas privadas que se encarguen del problema, sino por las pérdidas energéticas que se darían si no se aprovecha el potencial de los desechos.

### **1.1.1.3 Control de pronóstico**

Si bien el tema de los residuos urbanos es complejo y de difícil solución, es posible que la implementación de nuevos métodos de gestión reduzca el volumen de desechos generados y los impactos que estos tienen. Para alcanzar esto es necesario el desarrollo e implementación de una gestión integrada de residuos, que implique el estudio y manejo de los residuos desde un punto de vista social (tomando en cuenta la salud y el confort de la población), así como también ecológico, estético y económico.

El limitante del espacio obliga a considerar tratamientos alternativos al desecho en un relleno sanitario. Si bien en algunos casos el depósito en un relleno podría ser una opción válida, existen residuos para los cuales resulta más conveniente la implementación de otros tratamientos o que pueden ser aprovechados en la elaboración de nuevos productos. Sin embargo, la implementación de nuevos tratamientos no es únicamente el enfoque que debería ser tomado en una gestión integrada de residuos. La reducción del volumen, acompañada de la reutilización y el reciclaje, también contribuyen con la disminución de impactos y la conservación ambiental. De igual manera resulta necesaria una separación de desechos en la fuente y una recolección diferenciada, para así facilitar los procesos de reaprovechamiento de los residuos. Paralelamente, es importante analizar el tipo de material con el que se está tratando, así como su estado y contenido energético, de esta manera se podrá determinar el tratamiento más adecuado para cada tipo de residuo.

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

La implementación de una nueva gestión significaría un avance no solo en la conservación de los ecosistemas sino en el aprovechamiento energético de residuos cuyo potencial, en la actualidad, está siendo desperdiciado. Este hecho también influiría en la actitud de la población hacia los residuos, mejorando su aceptación.

Uno de los métodos más utilizados a nivel internacional para el manejo y valorización energética de los residuos es la incineración, la cual es establecida por Romero (2010) como uno de los procesos térmicos más eficientes en cuanto al tratamiento de residuos urbanos, este proceso contribuye a disminuir el volumen y aprovechar la energía que los desechos contienen. De acuerdo a Castells (2012) mediante este proceso es posible reducir el volumen de los residuos hasta un 95%, en el caso de que las cenizas puedan ser reutilizadas, y su peso hasta un 75%. El aprovechamiento de la energía liberada por los residuos durante la incineración representa también un beneficio importante de la nueva gestión de los residuos.

En su artículo *Bien recolectada pero mal tratada. El manejo municipal de la basura en Ciudad Obregón, Hermosillo y Nogales*, Pineda & Loera (2006) sostienen que el punto de partida para una gestión integrada de los residuos es el correcto seguimiento de la jerarquía de opciones en el manejo de la basura. La incineración puede ser considerada dentro de las tecnologías usadas en el cumplimiento de la gestión integrada, dentro de esta jerarquía podría ser aplicada entonces para todo residuo que no pueda ser reutilizado o reciclado. Los objetivos de este tratamiento, según Martínez (2006), son la minimización en la producción de residuos, la recuperación de subproductos y el reciclaje de materiales.

Gráfica No. 1 Jerarquía para el manejo de residuos



De acuerdo a Martínez (2006), el éxito de esta gestión radica principalmente en la colaboración de la población y al tratamiento de los residuos posterior a la separación. El autor establece también la necesidad de la creación de un sistema de valorización de desechos, el cual contribuiría, no solo a la disminución de material que es desviado al vertedero, sino a la máxima recuperación de materiales reciclables y al máximo aprovechamiento de la materia orgánica.

Con el fin de comprobar la viabilidad de este proceso y determinar la eficiencia de los residuos urbanos como combustibles, es necesaria la cuantificación de su poder calórico tanto superior como inferior<sup>1</sup>. Esta cuantificación contribuye también a la valorización energética de los residuos.

### 1.1.2 Formulación del problema

¿Qué cantidad de poder calórico superior e inferior poseen los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito?

---

<sup>1</sup> Los términos poder calórico superior e inferior son definidos en el apartado número dos, Marco Teórico

### **1.1.3 Sistematización del problema**

¿Cuál es la metodología a seguir para la determinación del poder calórico de los residuos sólidos urbanos?

¿Cuáles son los tipos de residuos óptimos para un proceso de incineración?

¿Tienen los residuos urbanos el suficiente poder calórico como para funcionar como combustibles para el proceso de incineración con aprovechamiento energético?

### **1.1.4 Objetivo general**

1.1.4.1      Cuantificar el poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos del Distrito Metropolitano de Quito

### **1.1.5 Objetivos específicos**

1.1.5.1      Establecer una metodología para la determinación de poder calórico en residuos sólidos urbanos

1.1.5.2      Identificar los tipos de residuos considerados como materia prima óptima para procesos de aprovechamiento energético

1.1.5.3      Determinar si los residuos urbanos presentan el poder calórico suficiente para funcionar como combustible en el proceso de incineración

### **1.1.6 Justificación**

Los residuos sólidos urbanos constituyen uno de los principales problemas para la sociedad a nivel mundial, su constante incremento y complejidad en cuanto su composición hace necesaria la implementación de tratamientos alternos al depósito en un relleno sanitario. La incorporación de una nueva tecnología resulta no solamente un adelanto en cuanto al manejo de los desechos, sino que podría ser considerado como una inversión, ya que se estaría aprovechando recursos que actualmente están siendo desperdiciados. La incineración, como tratamiento térmico, es capaz de reducir considerablemente el volumen de estos desperdicios. Este tipo de tratamiento, si bien en muchos casos es descartado debido a las emisiones gaseosas generadas, ha constituido uno de los principales procesos dentro de la gestión de residuos en países desarrollados.

La introducción de la incineración con aprovechamiento de energía dentro del tratamiento de los RSU, significaría un decremento significativo en la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario y, siempre y cuando se utilice la tecnología adecuada, significaría una disminución en el impacto ambiental generado. Por esta razón es considerado importante el estudio de la viabilidad de este tratamiento térmico dentro del DMQ.

El poder calórico es una de las variables que contribuyen a determinar la viabilidad de este proceso dentro del plan de manejo de residuos. Este dato resulta de gran importancia ya que permite una valorización energética de los residuos, estableciendo así la posibilidad de utilizarlos ya sea como combustible o en la obtención de energía térmica y/o eléctrica. Sin embargo, al ser un tema poco estudiado dentro del DMQ, no existe hasta el momento una metodología determinada para su cuantificación, es por esto que el desarrollo de un procedimiento específico para la cuantificación de poder calórico de los residuos generados

en el Distrito constituiría un importante aporte y dará paso a futuros estudios y a la posible implementación de la incineración con aprovechamiento energético.

## **2. MARCO TEÓRICO**

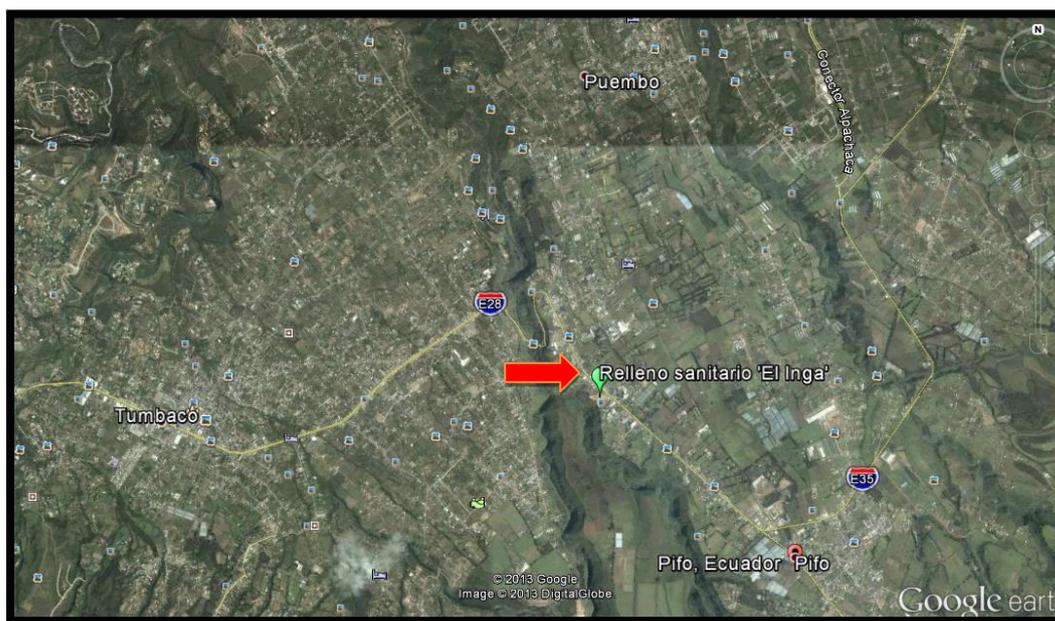
### **2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema**

La Empresa Pública Metropolitana de Aseo (EMASEO EP) es actualmente la instancia pública encargada del barrido y recolección de residuos sólidos domiciliarios e industriales no peligrosos, entre sus responsabilidades se encuentra el barrido del espacio público, baldeo de plazas emblemáticas y el transporte de residuos del Norte, Centro, Sur y Parroquias no descentralizadas de Quito. La recolección domiciliaria se da a través de la modalidad “a pie de vereda”, un servicio inter-diario que se realiza puerta a puerta en las avenidas principales de la ciudad (EMASEO EP, 2012). Datos establecidos por la empresa indican que diariamente se recogen alrededor de 1700 toneladas de residuos, produciendo cada habitante aproximadamente 0.706 kg por día.

En su mayor parte, los residuos obtenidos por medio de la recolección realizada por EMASEO, terminan en el relleno sanitario “El Inga”, el cual se encuentra ubicado a 45 km de la ciudad de Quito, dentro de una zona industrial en el sector El Inga Bajo. El propósito de esta instalación es el tratamiento y disposición final de RSU, con el objetivo de minimizar riesgos, afectaciones sociales e impactos ambientales (EMGIRS EP, 2012). Al relleno sanitario, el cual cuenta con un área de 200 000 m<sup>2</sup> y 20 piscinas para el depósito de lixiviados, llegan aproximadamente 1600 toneladas de desechos y genera 300 m<sup>3</sup> de lixiviados diariamente (S.A, 2012).

# CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**Imagen No. 1 Relleno Sanitario “El Inga”**



**Fuente: Google Earth, 2012**

En la actualidad existen varias iniciativas privadas que buscan reducir la cantidad de residuos generados, informando y capacitando a la población. Al mismo tiempo existen proyectos que, con el objetivo de disminuir los desechos depositados en el relleno sanitario, reutilizan materiales rechazados y los introducen como materia prima en distintos procesos de producción. Desafortunadamente, dichos proyectos no son capaces de manejar el gran volumen de residuos generados dentro del Distrito.

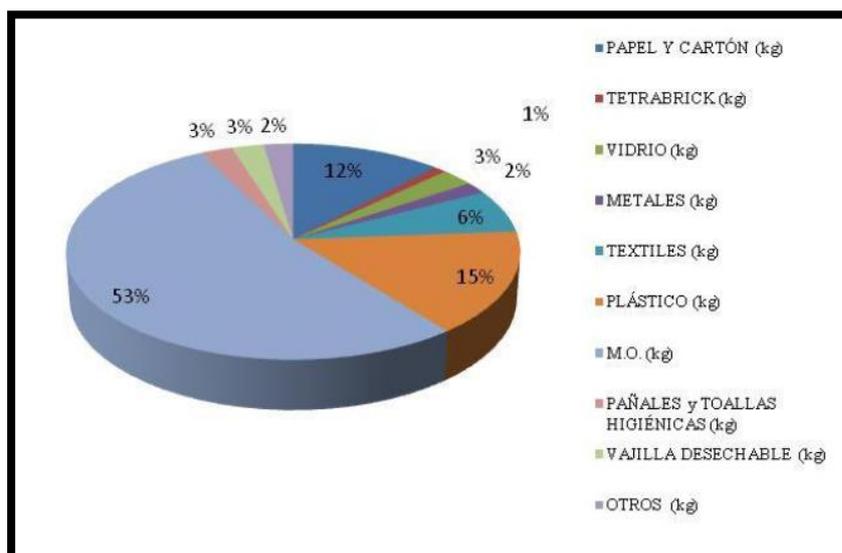
Hasta el día de hoy “se han calificado 20 gestores tecnificados y 233 gestores artesanales de residuos, encargados de la recolección, transporte, transferencia, tratamiento (recuperación de plásticos, papel, cartón, metales, etc.), manejo de residuos peligrosos y disposición final” (Quito Ambiente, 2012). Estos son los encargados de manejar aquellos residuos que no pueden tener como destino final el relleno sanitario “El Inga”.

Por otro lado, a nivel académico, se han llevado a cabo importantes estudios que contribuyen con información al tema de RSU dentro del DMQ. Tal es el caso del proyecto

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

perteneciente a la Universidad Internacional SEK “Valoración físico-química de los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito con fines de aprovechamiento energético y reducción de gases de efecto invernadero”, del cual la presente investigación forma parte. Este proyecto ha sido conformado por varios estudios que funcionan como base para investigaciones futuras, dentro de estos resulta pertinente destacar el proyecto *Determinación de la Composición y Densidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito con fines de aprovechamiento energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero* escrito por Castillo (2012), ya que este contribuye con información importante al momento de analizar la posibilidad de incorporar nuevos tratamientos al sistema de manejo de residuos actual.

**Gráfica No. 2 Composición de RSU en el DMQ**



**Elaborado por: Castillo, 2012**

Al analizar la caracterización de los desechos dentro del DMQ se podría estimar que existe una gran posibilidad de que estos sean aptos para el tratamiento mediante un proceso de incineración con aprovechamiento de energía, ya que de acuerdo a Alonso, C., Martínez, E. & Olías, J. (2003) los tipos de residuos más abundantes dentro del DMQ (plástico, papel y

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

cartón, textiles) son considerados como materia prima óptima para este proceso. De aquí la importancia de estudiar el poder calórico como una de las principales variables dentro de este tratamiento.

Es posible diferenciar dos métodos principales para la determinación del poder calórico de residuos urbanos, estos son el método analítico y el método práctico:

- El método analítico consiste en el cálculo del poder calórico en base al análisis elemental del residuo. Dentro de este método se tiene las contribuciones de varios autores, las fórmulas usadas con mayor frecuencia son la fórmula de Dulong y la de Mendelejev (Newbery & Thierry, 2007).

- Fórmula de Dulong para Poder Calórico Inferior (PCI)  
(Castells, 2012)

$$PCI = 8.060 \times C + 33.910 \times (H - O/8) + 2.222 \times S + 556 \times N$$

- Fórmula de Mendelejev para Poder Calórico Inferior (PCI)  
(Márquez, 2005)

$$PCI = 0.34 \times C + 1.03 \times H - 0.11 \times (O - S) - 0.025 \times W$$

- El método práctico consiste en un análisis realizado en laboratorio, en el que por medio de una bomba calorimétrica sumergida en agua se combustiona una determinada muestra. El calor liberado se calcula a partir de la elevación de la temperatura del medio y de las características caloríficas del calorímetro (Wauquier, 2004).

### 2.2 Adopción de una perspectiva teórica

Dentro de esta investigación se decidió utilizar el método práctico para la determinación del poder calórico de los residuos sólidos urbanos del DMQ, el cual permite

obtener datos más precisos y cercanos a la realidad de lo que se tendría al escoger un método analítico.

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Residuo**

Jiménez (2002) define un residuo como “cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó”.

Por otro lado, Del Val (1996), en su texto *Tratamiento de los residuos sólidos urbanos*, recomienda que al momento de identificar y caracterizar un residuo se tome en cuenta no solamente su condición y estado material, pues es necesario también determinar su contenido energético. El autor establece que todo residuo, ya sea este sólido, líquido o gaseoso, posee un contenido energético intrínseco y que debe ser añadido a este término los residuos exclusivamente energéticos, como vibraciones, radioactivos, electromagnéticos, etc., que hayan sido abandonados en el entorno. Se concluye entonces que todos los residuos derivados de actividades humanas no son otra cosa que recursos naturales desaprovechados.

### **2.3.2 Residuos Sólidos**

Se entiende por residuo sólido cualquier material desechado que pueda o no tener utilidad alguna (Jiménez, 2002). De acuerdo a Sans & Ribas (1989) los residuos sólidos pueden ser clasificados en dos grupos principales, los generados por actividades humanas, llevadas a cabo sobre todo en grandes ciudades denominados residuos urbanos; y los producidos por la actividad industrial llamados residuos industriales. En ocasiones los residuos industriales pueden ser asimilados como urbanos.

### **2.3.3 Estación de transferencia**

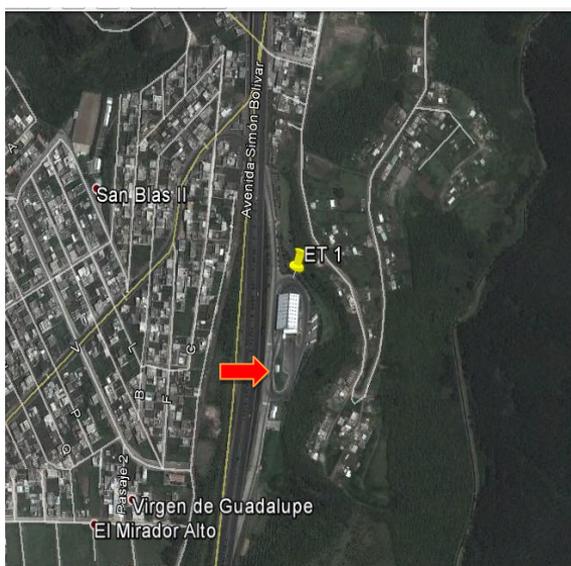
Se entiende por estación de transferencia a una instalación, en donde tiene lugar el traslado de los desechos de un vehículo recolector a otro que presente una capacidad de carga mucho mayor. Este segundo vehículo, denominado transporte suplementario, es el encargado de trasladar los residuos a su destino final. El principal objetivo de este tipo de instalaciones es incrementar la eficiencia global del servicio de recolección a través de la disminución de costos en el sistema de transporte (Instituto Nacional de Ecología, 2001).

En la actualidad existen dos estaciones de transferencia funcionando dentro del DMQ, la Estación de Transferencia Sur (ET 1), ubicada en Quitumbe, y la Estación de Transferencia Norte (ET 2), ubicada en el antiguo botadero de Zámbriza, recibiendo 700 ton/día y 800 ton/día respectivamente (EMGIRS EP, 2012). La Estación de Transferencia Norte (Estación Porotohuaico), en donde se receptan los residuos generados por la zona centro-norte del Distrito, consta de 11 andenes, de los cuales tres están destinados a la separación y recuperación artesanal de residuos, esta actividad es realizada por aproximadamente 225 recuperadores o minadores (Secretaría de Ambiente, 2010). La Estación se mantiene operativa las 24 horas, de lunes a sábado y los domingos permanece cerrada durante 8 horas de 14:00 a 22:00 (EMGIRS EP, 2012).

La Estación de Transferencia Sur, en la que se receptan los residuos generados en la zona sur del DMQ, posee una superficie de 1800 m<sup>2</sup>. Los residuos son depositados en un galpón de transferencia, en donde son empujados hacia una tolva que los transporta a un sistema de compactación. Actualmente en esta Estación no se realiza una separación de material reutilizable. La ET 1 se mantiene operativa 24 horas al día los siete días de la semana (EMGIRS EP, 2012).

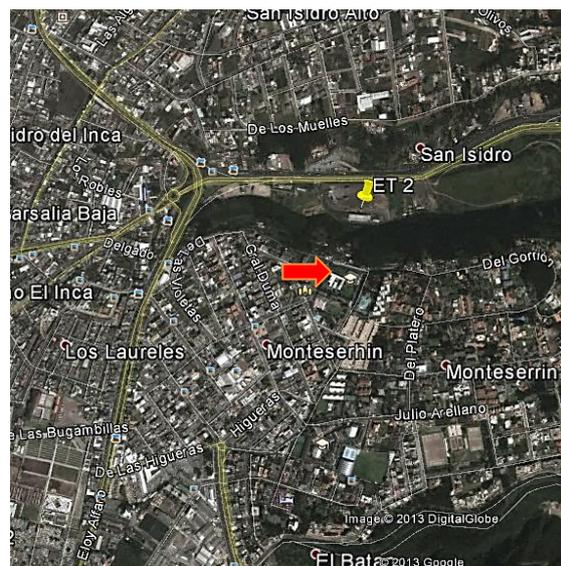
# CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Imagen No. 2 Estación de Transferencia Sur



Fuente: Google Earth, 2012

Imagen No. 3 Estación de Transferencia Norte



Fuente: Google Earth, 2012

## 2.3.4 Valorización Energética

Se define valorización como cualquier operación que permita el aprovechamiento de todos los recursos contenidos en los residuos, ya sea de forma material o energética. El resultado principal de la valorización es que el residuo sirva a una finalidad útil (Hidalgo, 2012).

Una operación puede considerarse valorización energética cuando el residuo sustituye otros materiales que se hubieran necesitado para producir energía, cuando la energía obtenida es superior a la consumida y la mayor parte se utiliza en forma de calor o para producir electricidad (Hidalgo, 2012).

Carreras, *et al.* (2006) establece que existen dos tipos de valorización energética. La valorización energética en origen, la cual comprende operaciones que permitan el aprovechamiento del poder calórico, siempre y cuando estas sean llevadas a cabo en el mismo centro productivo donde se ha generado el residuo; y la valorización energética externa, que se realiza cuando las operaciones de valorización no pueden llevarse a cabo en el mismo

centro productivo, por lo que se deberán realizar de forma externa por una empresa especializada.

### **2.3.5 Incineración**

Se entiende por incineración al proceso por el cual se someten los materiales sólidos y líquidos sean residuales o no, a un régimen de temperaturas medias (850-1200°C). Durante este proceso y por efecto de la temperatura, se llevarán a cabo reacciones de oxidación exotérmica propias de los materiales, si es preciso de combustible aportado. Los materiales son reducidos en presencia de exceso de oxígeno suficiente para que casi toda la fracción orgánica presente pase a la forma gaseosa, los compuestos oxidables a esa temperatura se hayan combinado con el oxígeno, y la fracción inorgánica se haya reducido a escorias y cenizas (Castells, 2012).

### **2.3.6 Bomba Calorimétrica**

La bomba calorimétrica es un equipo utilizado para medir la transferencia de energía en forma de calor, para de esta manera estimar el valor energético de distintos materiales. La reacción química de la bomba calorimétrica adiabática tiene lugar dentro un contenedor de volumen constante, esta se sumerge en un baño de agua con agitación para formar así el calorímetro. El cambio de temperatura que se presenta es proporcional al calor que la reacción absorbe o libera (Atkins & de Paula, 2008).

### **2.3.7 Poder Calórico**

El poder calórico representa la cantidad de energía liberada por unidad de peso o volumen como consecuencia de la reacción química de combustión completa que lleva a la formación de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O (Wauquier, 2004). Es importante distinguir entre el Poder Calórico Superior (PCS) del Poder Calórico Inferior (PCI).

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- PCS: Velázquez (2006) sostiene que el poder calórico superior (PCS) “es el calor generado en la combustión de un material, añadiendo el calor obtenido por la condensación del agua evaporada en el proceso”. El poder calórico superior consiste en el calor que desprende 1 kilo de combustible completamente seco (Castells, 2005).
- PCI: Velázquez (2006) en su texto establece que el poder calórico inferior (PCI) “es el calor generado en la combustión de un material húmedo, donde el vapor generado en el proceso queda libre”.

### **2.4 Identificación y caracterización de variables**

- PCS (variable independiente): consiste en la cuantificación del poder calórico superior por medio de la combustión en una bomba calorimétrica.
- PCI (variable dependiente): consiste en el cálculo del poder calórico inferior en base a los datos de poder calórico superior.

### **3. MÉTODO**

#### **3.1 Nivel de estudio**

Dentro de la presente investigación se realizó un estudio exploratorio, en el que adicionalmente a las revisiones bibliográficas se realizaron investigaciones de campo para analizar el poder calórico de los residuos del DMQ.

#### **3.2 Modalidad de investigación**

La modalidad utilizada para la realización de esta investigación consistió en:

- De Campo. Se realizaron muestreos en las Estaciones de Transferencia Sur y Norte. La metodología de muestreo se basó en el diseño del Dr. Kunitoshi Sakurai.
- Documental. El conocimiento sobre esta investigación fue reforzado con apoyo de medios impresos, audiovisuales y electrónicos, para de esta manera mejorar la comprensión del tema.
- Proyecto de Desarrollo. Con este proyecto se busca elaborar una propuesta viable para la resolución de problemas provocados por la excesiva generación de residuos.

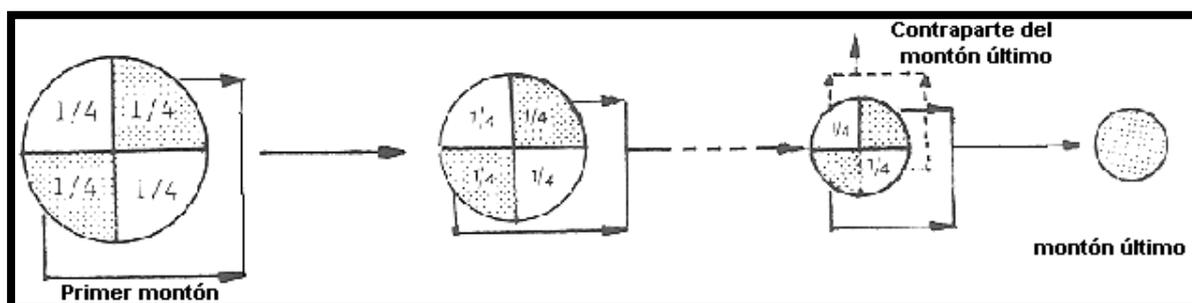
##### **3.2.1 Fase de Campo**

La fase de campo de esta investigación consistió principalmente en la toma de muestras realizada en las distintas estaciones de transferencia que funcionan dentro del DMQ. Los muestreos fueron realizados una vez al día en cada una de las estaciones, alternando horarios entre la mañana, tarde y noche, con el fin de obtener muestras representativas, ya que la composición y características de los residuos pueden variar dependiendo del sector y horario en el que hayan sido recolectados.

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

El método de muestreo se basó en la metodología establecida por el Dr. Kunitoshi Sakurai, adoptada previamente dentro del proyecto. Esta metodología consiste en la elección de bolsas al azar, las cuales son pesadas y separadas hasta completar 50 kg, a continuación se realizan tres cuarteos tal como se indica en la siguiente imagen, obteniendo finalmente una muestra representativa de aproximadamente seis kilogramos.

Imagen No. 4 Metodología de Muestreo



Fuente: [www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org)

Esta muestra final es separada en distintas categorías y colocadas en bolsas debidamente etiquetadas para luego ser trasladadas al laboratorio de procesos de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Internacional SEK, en donde serán colocadas inmediatamente en refrigeración (a  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hasta el momento del análisis con el fin de preservar sus características y condiciones al momento del muestreo.

Las categorías de interés específicas para esta investigación fueron establecidas en base a la caracterización de los residuos del DMQ, realizada en una investigación previa llevada a cabo por Castillo (2012), y a estudios de poder calórico llevado a cabo en otros países. Se determinó que las categorías a analizar serían materia orgánica, madera, papel y cartón, de las cuales las dos últimas han sido identificadas por varios autores como materia prima óptima para el proceso de incineración. En cuanto a la materia orgánica, si bien esta

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

no es la primera opción para un tratamiento térmico debido a su alto porcentaje de humedad, el gran volumen generado en el DMQ hace de esta categoría una posible candidata para este tratamiento.

Se estudió también la posibilidad de cuantificar dentro la investigación el poder calórico de residuos plásticos, sin embargo estos fueron descartados debido a que durante la combustión de este tipo de material se generan gases tóxicos, como dioxinas y furanos. De igual manera fue descartada la cuantificación del poder calórico de textiles, ya que para la realización de este análisis es necesaria la identificación previa del tipo de textil y de su composición.

Es importante resaltar que los muestreos deben ser realizados siempre con las debidas precauciones de seguridad, lo que incluye tener las vacunas requeridas (hepatitis, tétano y tifoidea) y utilizar el equipo de protección personal adecuado.

### **3.2.2 Fase de laboratorio**

Una vez en el laboratorio, las muestras deben ser analizadas lo antes posible, para de esta manera evitar cualquier alteración a sus características iniciales. La cuantificación de poder calórico se conforma por distintos procedimientos, los cuales son realizados a todas las muestras sin diferenciación alguna. Es preciso resaltar que todo procedimiento que involucra el uso de la bomba calorimétrica se basó en el Manual de instrucciones para el funcionamiento de la bomba calorimétrica de oxígeno No. 204M, establecido por Parr Instrument Company.

#### **3.2.2.1 Secado de Muestras y Cálculo del porcentaje de Humedad**

Si bien la determinación del porcentaje de humedad no forma parte del proceso de cuantificación del poder calórico, este resulta importante al momento de determinar la

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

eficiencia de los distintos residuos como combustibles en la incineración. El porcentaje de humedad afecta directamente el desarrollo de este tratamiento, ya que mientras mayor agua contenga el residuo menor va a ser su poder calórico.

La técnica utilizada para la determinación de humedad, se describe a continuación:

En un crisol tarado de 30 mL se colocan alrededor de seis gramos de muestra previamente triturada y se procede a pesarlo en la balanza analítica. Cada crisol debe ser previamente marcado, con un código ya establecido en el que se especifica la Estación de Transferencia de la que proviene la muestra, el tipo de residuo y el número de muestra analizada. Este código se mantendrá durante toda la fase de laboratorio. Una vez pesados los crisoles con la muestra húmeda, se pasa a colocarlos en la estufa a una temperatura de 105 °C durante 24 horas. Estas condiciones fueron previamente establecidas por Dueñas (2012), con el fin de eliminar completamente el agua contenida en los residuos. Culminadas las 24 horas se pasa finalmente a pesar el crisol con la muestra seca en la balanza analítica.

Para la obtención del porcentaje de humedad se aplica la fórmula utilizada por Dueñas (2012), quien cita al Laboratorio de Suelos y Agua de Sáenz Peña (2005):

### **Ecuación No. 1 Porcentaje de Humedad**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{A - B}{A - C} \times 100$$

En donde:

A = Peso Crisol + Muestra Húmedo (g).

B = Peso Crisol + Muestra Seco (g).

C = Peso del Crisol (g).

### **3.2.2.2 Compresión de Muestras**

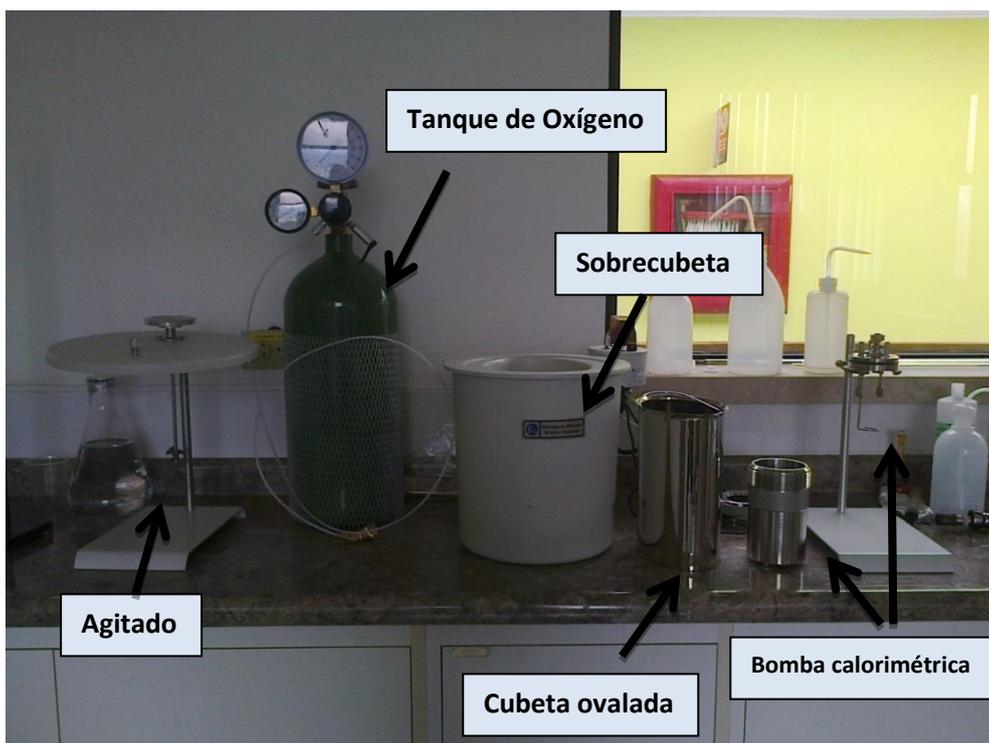
Buscando la combustión de la totalidad de la muestra seca se realiza, previo al preparado de la bomba, la compresión de esta, se la realiza utilizando la prensa Parr. La muestra comprimida, denominada Pellet, debe pesar aproximadamente un gramo siendo los límites superior e inferior 0.90 g y 1.5 g respectivamente (Parr Instrument Company, s.f). El Pellet debe ser manejado con cuidado debido a su fragilidad y de preferencia ha de ser manipulado con pinzas para evitar que absorba humedad proveniente del ambiente y de las manos del operador, la cual podría alterar los resultados del análisis.

### **3.2.2.3 Combustión de Muestras**

Una vez realizado el Pellet, se pasa al procedimiento principal que consiste en la combustión de las muestras, utilizando la bomba calorimétrica. Al realizar el proceso de combustión con muestras secas se obtiene como resultado la cuantificación del poder calórico superior. En cuanto al poder calórico inferior, este dato será calculado por medio de una fórmula establecida por el Dr. Kunitoshi Sakurai, en su texto Método sencillo del análisis de residuos sólidos.

# CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Imagen No. 4 Bomba Calorimétrica



Fuente: Inés Ayala

Para la preparación de la bomba, el Pellet se coloca en una cápsula de acero inoxidable, enrollando un hilo de algodón en el alambre de ignición, procurando que este haga contacto con la muestra. Este hilo será el encargado de conducir la energía hasta la muestra para que así esta inicie su combustión. Posteriormente la bomba es cerrada herméticamente y llenada con oxígeno hasta 25 atmósferas de presión, en el caso de la categoría de papel y cartón, y hasta 30 atmósferas en el caso de la materia orgánica y madera.

Durante las pruebas iniciales, en las que se utilizaba 25 atmósferas de presión para el procesamiento de todas las categorías, se observó que en el caso de la materia orgánica y la madera existía la presencia de hollín al finalizar la combustión, el cual es considerado como evidencia de combustión incompleta. Al ser necesaria la combustión completa de las muestras dentro del proceso de cuantificación de poder calórico, estas muestras fueron descartadas y se

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

concluyó que en estos casos la cantidad de oxígeno debía ser aumentado hasta alcanzar las 30 atm de presión.

Una vez preparada, la bomba es colocada en la cubeta, la cual ha sido previamente llenada con dos kilogramos de agua destilada. A continuación se coloca la cubeta dentro de la camisa adiabática del calorímetro y se procede a conectar la unidad de ignición y el motor de agitación a la fuente de energía. Realizadas las debidas conexiones se procede a encender el termómetro digital y la agitación. En este momento debe ser iniciada la toma de datos de temperatura.

La temperatura debe ser registrada cada minuto durante los primeros 5 minutos previos al encendido de la unidad de ignición, en el quinto minuto esta es encendida y se pasa a registrar la temperatura con un lapso de 30 segundos, durante este periodo se observa un incremento acelerado de la temperatura. Las lecturas de temperatura se toman cada 30 segundos hasta que esta se estabilice, una vez alcanzado este punto se pasa a registrar 5 datos finales.

Concluido el procesamiento de la muestra, se pasa a la liberación de los gases de combustión y al enjuagado del interior de la bomba. Este lavado se lo realiza con agua destilada y es recolectado para su posterior análisis.

En un inicio la temperatura fue registrada con intervalos de 1 minuto durante todo el proceso de combustión, no obstante, al observar el acelerado aumento de temperatura se consideró necesario disminuir los intervalos hasta 30 segundos con la finalidad de obtener mayor cantidad de datos y de esta manera tener un resultado más preciso y aumentar la exactitud.

### 3.2.2.4 Determinación de Ácido Nítrico y Azufre

La determinación tanto de ácido nítrico como de azufre es necesaria dentro del proceso de cuantificación de poder calórico ya que la formación de estos compuestos durante la combustión libera pequeñas cantidades de calor, las cuales deben ser corregidas en el resultado final con el objetivo de que este no se vea alterado.

Utilizando el lavado de la bomba recolectado previamente, se procede a realizar una titulación con el fin de determinar la cantidad de ácido nítrico contenida. Para este análisis se debe utilizar Anaranjado de Metilo y Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), ambas sustancias al 5% en peso. Por otro lado, para la determinación del porcentaje de azufre debe ser utilizado Cloruro de Bario ( $\text{BaCl}$ ) igualmente al 5% en peso. Para comprobar el correcto funcionamiento de los reactivos dentro de este análisis, se llevó a cabo una prueba piloto en la que la muestra analizada fue una mezcla con igual proporción de agua destilada, ácido nítrico y ácido sulfúrico. Durante esta prueba se determinó que los volúmenes utilizados de tanto reactivos como del indicador, así como su proporción en peso son adecuados para la realización de este análisis.

Durante la titulación se colocaron tres gotas del indicador (Anaranjado de Metilo) en el vaso de precipitación que contenía el lavado, se pasa a colocar gota a gota  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  hasta observar un cambio de coloración, de un color rojizo hasta un color amarillo. El volumen de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  consumido será utilizado en los posteriores cálculos.

El procedimiento para la determinación del porcentaje de azufre consiste en colocar gota a gota  $\text{BaCl}$  en el lavado hasta obtener un precipitado de color blanco, que en este caso estaría conformado por Sulfato de Bario ( $\text{BaSO}_4$ ). Este precipitado debe ser filtrado (utilizando un papel filtro previamente pesado), para luego ser secado por 24 horas en la estufa a una temperatura de  $105\text{ }^\circ\text{C}$ . Una vez que se obtiene el peso real del  $\text{BaSO}_4$  generado,

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

este dato es utilizado en la fórmula del cálculo del porcentaje de azufre determinada en el Manual de instrucciones para el funcionamiento para la bomba calorimétrica de oxígeno No. 204M, establecido por Parr Instrument Company.

### Ecuación No. 2 Porcentaje de Azufre

$$\% S = \frac{Wt. BaSO_4 \times 13.734}{Wt. Muestra}$$

En donde:

Wt. BaSO<sub>4</sub> = Peso neto del sulfato de bario (g)

Wt. Muestra = Peso inicial de la muestra (g)

### 3.2.3 Cálculo del Calor de Combustión (PCS)

El cálculo inicial del calor de combustión, referido al poder calórico superior, puede ser dividido en tres diferentes etapas. Dos etapas iniciales en las que se calcula e identifican distintas variables y un cálculo final en el que se obtiene como resultado el calor de combustión.

#### 3.2.3.1 Cálculo de Constante del Equipo

Previo al procesamiento de las muestras, es necesario el cálculo de la constante de la bomba calorimétrica, cada bomba presenta una constante específica que está determinada por las pequeñas diferencias que se puedan generar al momento de la fabricación. Esta constante es obtenida al procesar una muestra estándar de ácido benzoico de aproximadamente un gramo. Gracias a que en la Universidad Internacional SEK se cuenta con dos bombas calorimétricas este proceso fue llevado a cabo para cada una de ellas, obteniéndose así dos constantes distintas. Al conocer el poder calórico de esta muestra estándar, es posible también utilizar este mismo proceso para verificar y validar la metodología implementada.

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

La constante, identificada con la letra W, es determinada con la siguiente fórmula, obtenida del Manual No 204M:

### Ecuación No. 3 Cálculo de la Constante del Equipo

$$W = \frac{Hm + e_1 + e_3}{t}$$

En donde:

W = Constante (cal / °C)

H = Calor de combustión de la muestra estándar de ácido benzoico en calorías por gramo

m = masa de la muestra estándar (g)

e<sub>1</sub> = corrección en calorías por el calor de formación de ácido nítrico

e<sub>3</sub> = corrección en calorías por el calor de combustión del cable de ignición

t = aumento de temperatura (°C)

Este procedimiento fue realizado tres veces para cada bomba con la finalidad de que los datos obtenidos representen con mayor certeza las características de la misma.

### 3.2.3.2 Aumento de Temperatura (t)

#### Ecuación No. 4 Cálculo del Aumento de Temperatura

$$t = t_c - t_a - r_1 (b - a) - r_2 (c - b)$$

En donde:

t = aumento de temperatura (°C)

a = tiempo del encendido (s)

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

b = tiempo en el que la temperatura alcanza el 60% del aumento total (s)

c = tiempo en el que la temperatura se vuelve constante (s)

ta = temperatura al momento de encendido (°C)

tc = temperatura en el tiempo c (°C)

r<sub>1</sub> = velocidad (°C/minutos) a la que la temperatura se elevó durante los 5 minutos antes del encendido

r<sub>2</sub> = velocidad (°C/minutos) a la que la temperatura se elevó durante los 5 minutos después del tiempo c

### 3.2.3.3 Correcciones Termoquímicas

Dentro del cálculo del calor de combustión, es necesario realizar correcciones en calorías por la formación de ácido nítrico, ácido sulfúrico y una corrección para el calor de combustión del cable de ignición. En esta investigación no se toma en cuenta la tercera corrección ya que, debido al diseño específico de la bomba, el cable de ignición no presenta señales de combustión alguna.

e<sub>1</sub> = corrección en calorías para el calor de formación de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>)

= c<sub>1</sub> (mililitros de solución alcalina estándar usada en la titulación)

e<sub>2</sub> = corrección en calorías para el calor de formación de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

= (13.7) (c<sub>2</sub>) (m)

c<sub>2</sub> = porcentaje de azufre en la muestra

e<sub>3</sub> = corrección en calorías para el calor de combustión del cable de ignición

= (2.3) (c<sub>3</sub>) cuando se utiliza cable de ignición de níquel-cromo

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

= (2.7) ( $c_3$ ) cuando se utiliza cable de ignición de hierro

$c_3$  = centímetros de cable de ignición consumido durante la combustión

Cabe recalcar que las constantes utilizadas en el presente cálculo son valores propios del equipo, los cuales fueron proporcionados por Parr Instrument Company por medio del Manual de instrucciones para el funcionamiento de la bomba calorimétrica de oxígeno No. 204M.

### 3.2.3.4 Calor de combustión (PCS)

Una vez que se han determinado todas las variables, se puede pasar al cálculo del calor de combustión o poder calórico superior, reemplazando los datos en la siguiente fórmula:

**Ecuación No. 5 Cálculo del calor de combustión**

$$PCS = \frac{t W - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

En donde:

W = Constante (cal/°C)

PCS = Calor de combustión (cal/g)

m = masa de la muestra (g)

$e_1$  = corrección en calorías por el calor de formación de ácido nítrico

$e_3$  = corrección en calorías por el calor de combustión del cable de ignición

### 3.2.4 Cálculo del Calor de Combustión (PCI)

El cálculo del poder calórico inferior se realizará por medio de una fórmula establecida por el Dr. Kunitoshi Sakurai, en su texto Método sencillo del análisis de residuos sólidos.

**Ecuación No. 6 Cálculo de poder calórico inferior**

$$PCI = PCS - \frac{W}{100} \times 600$$

En donde:

PCS = Poder calórico superior (cal/g)

PCI = Poder calórico inferior (cal/g)

W = % Humedad

### 3.2.5 Tratamiento Estadístico de Datos

Obtenida la totalidad de los resultados se procede a presentarlos como un promedio, utilizando la fórmula de la media aritmética indicada por Murray (1997):

**Ecuación No. 7 Media Aritmética**

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n}$$

En donde:

$\bar{X}$  = Promedio

$Xi$  = Valores obtenidos.

n = Número de datos

Posteriormente, buscando determinar la variabilidad de los datos, se procedió a calcular la desviación estándar. Se utilizó la siguiente fórmula, establecida por Murray (1997):

# CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

## Ecuación No. 8 Desviación Estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - Xi)^2}{n - 1}}$$

En donde:

$\sigma$  = Desviación Estándar

$\bar{X}$  = Promedio

$Xi$  = Valores obtenidos

$n$  = Número de datos

Finalmente, utilizando los datos adquiridos de otros estudios conjuntamente con los resultados obtenidos en la presente investigación, se calculó el error relativo existente en base a la fórmula siguiente (Universidad de Cantabria, 2010):

## Ecuación No. 9 Error Relativo

$$Er = \left| \frac{x - X}{X} \right|$$

$Er$  = Error relativo

$x$  = Valor real

$X$  = Valor calculado

### 3.2.6 Materiales y equipos

Tabla No. 1 Materiales de Muestreo

Materiales de muestreo
Casco
Guantes Irrompibles
Guantes de látex
Mascarilla
Gafas de protección
Traje impermeable
Chaleco reflectivo
Botas con punta de acero
Fundas plásticas
Balanza de Campo
Palas

Elaborado por: Inés Ayala

Tabla No. 2 Equipos, Materiales y Reactivos utilizados durante la fase de laboratorio

Equipos	Materiales	Reactivos
Triturador de alimentos	Agua destilada	Oxígeno
Crisol de 30 ml	Vaso de precipitación	Ácido benzoico
Balanza analítica	Vidrio reloj	Solución de Carbonato de Sodio (0.0709N)
Estufa	Pipeta	Cloruro de Bario
Congelador	Papel filtro	Indicador de pH (Anaranjado de metilo)
Bomba calorimétrica	Pinzas	

Elaborado por: Inés Ayala

### 3.3 Método

El método considerado para esta investigación fue un método Inductivo-Deductivo, ya que al analizar muestras representativas tomadas directamente de las distintas Estaciones de Transferencia es posible inferir la cantidad de poder calórico general del Distrito.

### **3.4 Población y muestra**

Población: Población del Distrito Metropolitano de Quito

Muestra: Residuos sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito. Por cuestión de tiempo el tamaño de muestra establecido para esta investigación ha sido de un total de 30 muestras, realizando 15 muestreos en cada Estación de Transferencia.

### **3.5 Selección de instrumentos de investigación**

La investigación fue realizada vía Experimentación. Se realizaron análisis a nivel del laboratorio con la finalidad de determinar el poder calórico superior e inferior contenido por los distintos tipos de residuos.

### **3.6 Validez y confiabilidad de los instrumentos**

Las muestras fueron tomadas directamente de las estaciones de transferencia, es decir el trabajo de laboratorio se lo realizó con datos primarios. Procurando siempre que este se realice lo antes posible para que no existan cambios en las propiedades iniciales de los residuos analizados.

Se realizaron pruebas con muestras estándar para comprobar que tanto la bomba calorimétrica como la metodología funcionen de manera correcta. Estas pruebas, realizadas con muestras estándar de ácido benzoico, fueron efectuadas aleatoriamente a lo largo de toda la investigación con el fin de validar y comprobar la efectividad de la metodología.

Se consideró importante comparar los datos de poder calórico obtenidos dentro de esta investigación con datos ya establecidos por otros autores, ya sea dentro o fuera del país, para el mismo tipo de residuos. Este procedimiento se lo realizó con la finalidad de validar la metodología desarrollada y determinar el porcentaje de error de la misma.

### **3.7 Procesamiento de datos**

Los datos obtenidos mediante los experimentos de laboratorio, cálculos y tratamiento estadístico de la información fueron procesados mediante los programas Microsoft Word y Microsoft Excel, elaborando y documentándolos tablas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Levantamiento de datos

Debido al espacio limitado y a la cantidad de tablas, dentro de este apartado se adjunta únicamente un ejemplo de las tablas utilizadas para el levantamiento de datos. La información restante puede ser encontrada en los anexos 1, 2 y 3.

En la siguiente tabla se incluye cinco ejemplos de los registros utilizados para la recolección de datos durante los muestreos.

**Tabla No. 3 Registro de Muestreo**

N° de muestreo	Estación	Fecha	Hora	Persona Encargada	Peso Total Muestra Recogida (kg)	Peso Muestra Final (kg)	Papel y Cartón (kg)	M. Orgánica (kg)	Madera (kg)
1	ZB	06/05/2013	11:00 AM	IA	49	6.5	0.275	3.852	-
2	SR	06/05/2013	2:30 PM	IA	51	5.8	0.753	2.124	-
3	ZB	07/05/2013	2:30 PM	IA	50	5.5	0.098	3.552	0.0498
4	SR	07/05/2013	11:30 PM	IA	50	6	0.354	4.003	-
5	ZB	08/05/2013	11:30 PM	IA	51	5.2	0.235	2.989	-

**Elaborado por: Inés Ayala**

En la presente tabla se presenta el registro de temperatura durante el proceso de combustión de la muestra Z.P.05, tal como se especifica en la metodología.

# CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**Tabla No. 4 Registro de temperatura**

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.P.05	0.9349	22.927	23.206	24.043
			22.930	23.506	24.041
			22.935	23.720	24.038
			22.938	23.913	24.036
			22.940	23.965	24.032
			22.943	23.989	-
			-	24.011	-
			-	24.025	-
			-	24.033	-
			-	24.039	-
			-	24.041	-
			-	24.043	-

Elaborado por: Inés Ayala

## 4.2 Presentación y Análisis de Resultados

### 4.2.1 Metodología para la cuantificación del poder calórico

Al ser considerado dentro de los objetivos de la presente investigación el desarrollo de una metodología adecuada y específica para la cuantificación del poder calórico de los RSU del DMQ, esta ha sido añadida a continuación a manera de resultado.

#### I. Introducción

La siguiente metodología fue establecida con el fin de facilitar la cuantificación del poder calórico de RSU del DMQ. Este procedimiento se basa principalmente en el Manual de instrucciones para el funcionamiento de la bomba calorimétrica de oxígeno No. 204M, establecido por Parr Instrument Company.

## **II. Objetivo**

El objetivo de la presente metodología es lograr la cuantificación del poder calórico de los RSU, por medio de un uso adecuado del equipo y de los materiales.

## **III. Equipos y Materiales**

- Calorímetro Parr:
  - Motor de accionamiento del agitador
  - Polea del motor
  - Cinturón del agitador
  - Agitador con rodete
  - Cubeta ovalada
  - Sobrecubierta de calorímetro con tapa
  - Bomba de combustión de oxígeno
  - Conector para el termómetro
  - Cable de ignición
  - Termómetro digital
- Tanque de oxígeno
- Bomba de oxígeno
- Prensa de Pellets o Tabletas
- Estufa
- Cápsulas
- Balanza analítica
- Indicador de pH (naranja de metilo)
- Solución de Cloruro de Bario
- Solución de Carbonato de Sodio (0.0709 N)

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- Indicador de pH (naranja de metilo)
- Muestras Estándar (ácido benzoico)
- Muestra combustible (residuos)
- Agua Destilada
- Papel filtro
- Hilo de Algodón
- Pinzas
- Vaso de precipitación
- Pipeta
- Bureta
- Crisol
- Soporte

### **IV. Procedimiento**

#### **1. Compresión de la muestra:**

- ◆ Colocar el molde y su soporte en la base de la prensa. El molde debe ser colocado con el borde biselado hacia arriba y la base descansando sobre la superficie plana del soporte reversible.
- ◆ Introducir la carga dentro de la cavidad del molde, presionar con una varilla de agitación si es necesario. La bomba nunca debe estar cargada con más de 1.5 gramos de material combustible, usualmente para pruebas iniciales, la masa de la muestra no debe sobrepasar 1.1 gramos.
- ◆ Transferir el molde y su soporte a la prensa y empujar la palanca hacia abajo para comprimir la muestra. El tornillo regulador puede ser girado a conveniencia para obtener la compresión máxima.
- ◆ Levantar la palanca y deslizar el molde con su soporte fuera de la prensa.

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- ◆ Conectar los cables de ignición a la unidad de ignición. Uno de los cables se conecta a la terminal etiquetada “10CM” y otro se conecta a la terminal etiquetada “Common”. No se debe encender la unidad de ignición si los cables conductores no han sido conectados a la bomba.
  - ◆ Llenar la cubeta ovalada con una cantidad conocida de agua, de preferencia agua destilada. Generalmente se colocan 2000 gramos de agua.
- \* Nota: Existen dos soportes, cada uno equipado con una base, una varilla de soporte y un anillo que se sujeta al extremo superior de la varilla. El soporte con el anillo de mayor tamaño se utiliza para sostener la tapa del calorímetro cuando es removida, mientras que el soporte con el anillo más pequeño sostiene la cabeza de la bomba.

### **2. Preparación de la Bomba de Oxígeno:**

- ◆ Ubicar la cabeza de la bomba en el soporte.
- ◆ Colocar la muestra, previamente comprimida en una tableta, en el recipiente de la muestra.
- ◆ Introducir el cable de ignición en la bomba y asegurarlo a los electrodos.
- ◆ Colocar un hilo de algodón enredado en el cable de ignición para facilitar el encendido de la muestra. Este hilo debe ser doblado sobre sí mismo, retorcido para formar una sola hebra e introducido en la cápsula que sostiene la muestra.
- ◆ Comprobar que el anillo de sellado se encuentra en buenas condiciones, humedecerlo con un poco de agua para que éste se deslice libremente dentro del cilindro. Dejar la válvula de escape de gas abierta durante este proceso.
- ◆ Colocar la tapa rosca sobre el cilindro y cerrarla firmemente.
- ◆ Acoplar la conexión de llenado de oxígeno en el tanque y ajustarla fuertemente, manteniendo el manómetro hacia arriba.
- ◆ Deslizar completamente el conector de la manguera de oxígeno en la válvula de entrada en la cabeza de la bomba.

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- ◆ Cerrar la válvula de salida en la cabeza de la bomba, abrir la válvula del tanque de oxígeno (no más de un cuarto de giro).
- ◆ Abrir lentamente la válvula de control de la conexión de llenado de oxígeno, hasta alcanzar una presión de 25atm (en el caso del papel y cartón) y 30 atm (en el caso de la materia orgánica y la madera). La presión nunca debe superar las 40 atm.
- ◆ Cerrar la válvula de control, la válvula de entrada de la bomba se cierra automáticamente.
- ◆ Liberar la presión residual de la manquera de oxígeno, empujando hacia abajo la palanca unida a la válvula de alivio.

### **3. Encendido de la Bomba:**

- ◆ Colocar parcialmente la bomba dentro de la cubeta ovalada llena de agua. Se debe tener cuidado de no alterar la muestra al mover la cabeza de la bomba del soporte al cilindro de la bomba.
- ◆ Presionar firmemente los tapones de los dos cables de ignición en los terminales de la cabeza de la bomba.
- ◆ Introducir totalmente la bomba dentro de la cubeta y comprobar que la bomba no tenga fugas.
- ◆ Encender el agitador y dejarlo correr por 5 minutos.
- ◆ Registrar la hora y la temperatura.
- ◆ Continuar registrando la temperatura en intervalos de 1 minuto por exactamente 5 minutos.
- ◆ Alejarse del equipo y presionar el botón de encendido de la unidad de ignición por aproximadamente 10 segundos hasta observar que la luz de encendido se apague. No colocar ninguna parte del cuerpo sobre el calorímetro durante aproximadamente 30 segundos después del encendido.

**CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO**

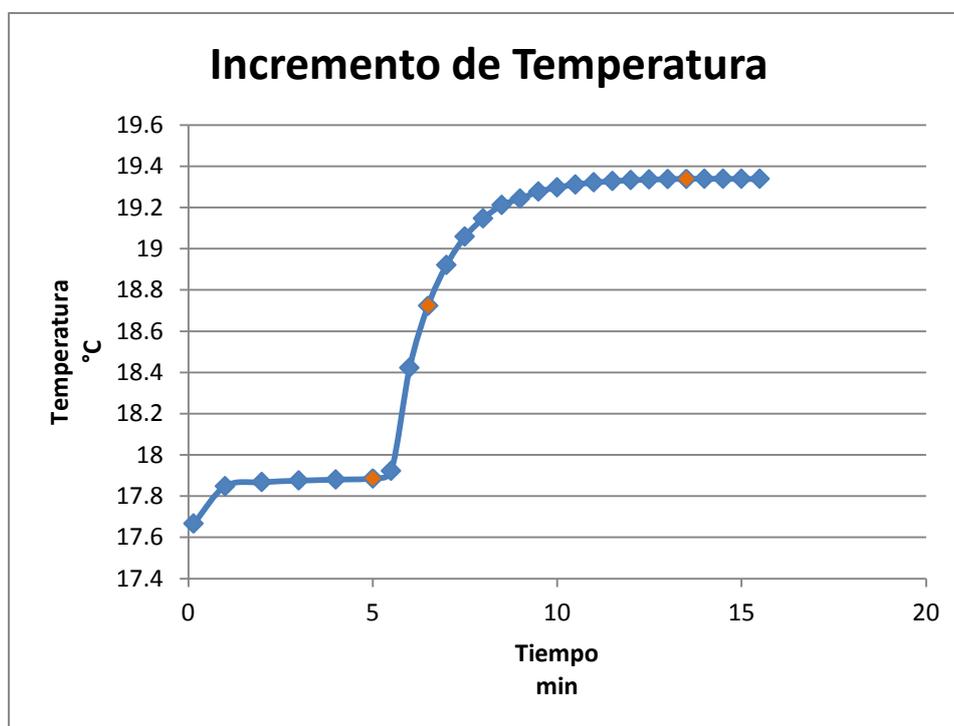
- ♦ Durante un periodo de entre 10 y 15 minutos posterior al encendido, en el que se experimenta un aumento acelerado de la temperatura, es necesario tomar lecturas de temperatura con un intervalo de 30 segundos hasta que esta permanezca constante por cinco minutos.

**Tabla No. 5 Formato Registro de Temperatura**

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)

Elaborado por: Inés Ayala

**Gráfica No.3 Incremento de la Temperatura**



Elaborado por: Inés Ayala

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- ♦ Continuar registrando la temperatura durante los siguientes 5 minutos, con intervalos de 1 minuto.
- ♦ Una vez alcanzada una temperatura constante, detener el motor.
- ♦ Con los datos obtenidos realizar la gráfica Temperatura vs Tiempo, como se muestra en la gráfica número 3.

### 4. Determinación de Ácido Nítrico:

- ♦ No manejar el equipo durante por lo menos 5 minutos después de la combustión.
- ♦ Remover el cinturón del agitador y levantar la tapa del calorímetro (colocándola en el soporte).
- ♦ Limpiar el termómetro y el agitador.
- ♦ Retirar la bomba de la cubeta ovalada, remover los cables de ignición y limpiar la bomba.
- ♦ Abrir la válvula de salida para liberar la presión del gas, este proceso debe ser lento por un periodo no menor a un minuto.
- ♦ Destapar el cilindro y examinar el interior de la bomba en busca de evidencia de combustión incompleta, si tal evidencia es encontrada la prueba deberá ser descartada.
- ♦ Lavar el interior de la bomba con agua destilada y recoger el lavado.
- ♦ Titular el lavado de la bomba con una solución estándar de carbonato de sodio (5% en peso) usando aproximadamente tres gotas de naranja de metilo (5% en peso).
- ♦ Analizar la solución para determinar el contenido de azufre de la muestra.

### 5. Análisis del contenido de azufre:

- ♦ Una vez finalizado el proceso de titulación, colocar gota a gota la solución de cloruro de bario ( $\text{BaCl}$ ) al 5% en peso hasta observar la formación de sulfato de bario (precipitado de color blanco).

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- ♦ Dejar precipitar por 2 o 3 minutos
- ♦ Filtrar
- ♦ Transferir el papel y el precipitado a un crisol tarado.
- ♦ Colocar en la estufa a 105°C durante 24 horas.
- ♦ Dejar enfriar el crisol y pesar.
- ♦ Determinar el peso del precipitado de sulfato de bario.
- ♦ Calcular el porcentaje de azufre de la muestra:

$$\text{Azufre (\%)} = \frac{\text{Wt. BaSO}_4 \times 13.734}{\text{Wt. Muestra}}$$

Tabla No. 6 Formato de Porcentaje de Azufre

Muestra	Peso Muestra (g)	Volumen Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (ml)	Peso Crisol (g)	Peso Papel Filtro (g)	Peso Crisol + Filtro + Precipitado (g)	Peso Seco (g)	Peso BaSO <sub>4</sub> (g)	% Azufre

Elaborado por: Inés Ayala

6. Proceso de Estandarización

- ♦ El proceso de estandarización no es distinto al análisis de muestras reales, se deben utilizar pastillas de ácido benzoico, que pesen entre 0.9 y 1.25 gramos, como muestra estándar.

$$W = \frac{Hm + e_1 + e_3}{t}$$

## V. Datos

Durante el procedimiento de laboratorio se obtiene una serie de variables, que posteriormente serán utilizadas para el cálculo del poder calórico superior.

- **Cálculo del Calor de Combustión**

a = tiempo del encendido

b = tiempo en el que la temperatura alcanza el 60% del aumento total

c = tiempo en el que la temperatura se vuelve constante

$t_a$  = temperatura al momento de encendido

$t_c$  = temperatura en el tiempo c

$r_1$  = velocidad ( $^{\circ}\text{C}/\text{minutos}$ ) a la que la temperatura se elevó durante los 5 minutos antes del encendido

$r_2$  = velocidad ( $^{\circ}\text{C}/\text{minutos}$ ) a la que la temperatura se elevó durante los 5 minutos después del tiempo c

$c_1$  = mililitros de solución alcalina estándar usada en la titulación

$c_2$  = porcentaje de azufre en la muestra

$c_3$  = centímetros de cable de ignición consumido durante la combustión

W = energía equivalente del calorímetro

m = masa de la muestra en gramos

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- **Correcciones Termoquímicas**

$e_1$  = corrección en calorías para el calor de formación de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ )

=  $c_1$ , si la solución alcalina de 0.0709 N es utilizada para la titulación

$e_2$  = corrección en calorías para el calor de formación de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

= (13.7) ( $c_2$ ) (m)

$e_3$  = corrección en calorías para el calor de combustión del cable de ignición

= (2.3) ( $c_3$ ) cuando se utiliza cable de ignición de níquel-cromo

= (2.7) ( $c_3$ ) cuando se utiliza cable de ignición de hierro

- **Proceso de Estandarización**

W = energía equivalente del calorímetro en cal/°C

H = calor de combustión de la muestra estándar en cal/g

m = masa de la muestra estándar

t = aumento de temperatura en °C

$e_1$  = corrección por el calor de formación del ácido nítrico en calorías

$e_3$  = corrección por el calor de combustión del cable de ignición en calorías

## VI. Procesamiento de datos

Los datos obtenidos del procedimiento con la bomba calorimétrica adiabática son utilizados para el cálculo de diversos parámetros que cuales contribuirán a la cuantificación del poder calórico superior de las categorías analizadas de residuos urbanos, utilizando las relaciones matemáticas establecidas.

### Cálculo del Calor de Combustión o Poder calórico superior:

- **Aumento de temperatura (t)**

$$t = t_c - t_a - r_1 (b - a) - r_2 (c - b)$$

- **Calor de Combustión (PCS; cal/g):**

$$PCS = \frac{t W - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

- **Proceso de Estandarización**

$$W = \frac{H m + e_1 + e_3}{t}$$

## VII. Resultados

Los resultados obtenidos durante este procedimiento se presentan en forma de tablas con el fin de tener acceso a todos los resultados.

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- **Secado y Porcentaje de Humedad**

**Tabla No. 7 Formato de Porcentaje de Humedad**

Muestra	Peso Crisol (g)	Peso Crisol + Muestra Húmeda (g)	Peso Crisol +Muestra Seca (g)	% Humedad

Elaborado por: Inés Ayala

- **Calor de Combustión**

**Tabla No. 8 Formato de Poder Calórico**

Poder Calórico				
Número de Muestra	Tipo de Residuo	Muestra	PCS (cal/g)	PCI (cal/g)

Elaborado por: Inés Ayala

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**4.2.2 Resultados para la cuantificación de poder calórico de RSU del DMQ**

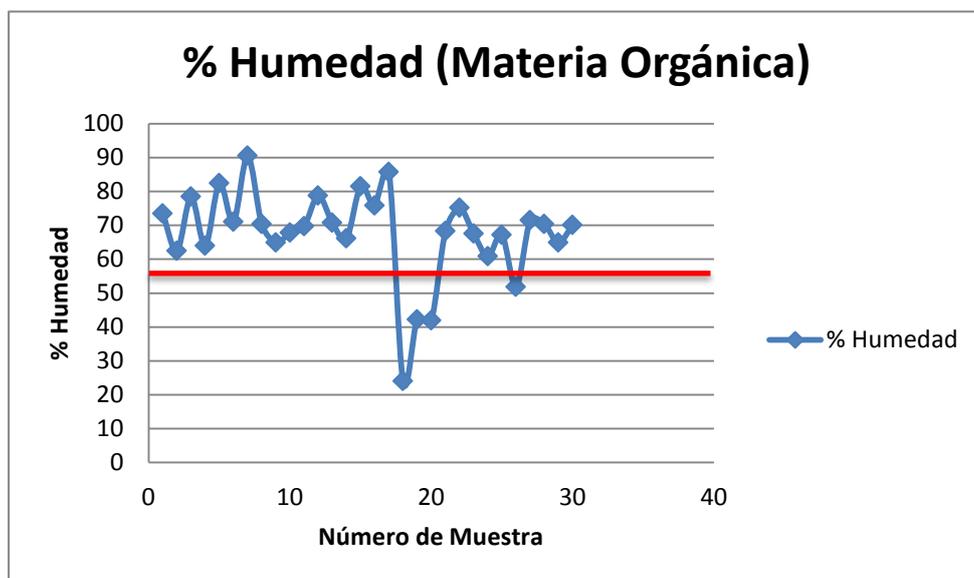
**4.2.2.1 Resultados del Porcentaje de Humedad**

Tabla No.9 Porcentaje de Humedad de Materia Orgánica

<b>% Humedad (Materia Orgánica)</b>					
No.	Muestra	Peso Crisol (g)	Peso Crisol + Muestra Húmeda (g)	Peso Crisol +Muestra Seca (g)	% Humedad
1	S.O.01	95.6325	127.0952	103.9765	73.5
2	Z.O.01	97.2403	114.8825	103.8723	62.4
3	S.O.02	95.0095	190.2588	115.5612	78.4
4	Z.O.02	103.6449	119.9687	109.5367	63.9
5	S.O.03	95.7331	107.6104	97.8230	82.4
6	Z.O.03	103.4789	136.1923	112.9651	71.0
7	S.O.04	23.6834	35.2884	24.7848	90.5
8	Z.O.04	23.2473	29.1632	25.0005	70.4
9	S.O.05	26.2688	30.4491	27.7350	64.9
10	Z.O.05	24.4381	29.0796	25.9328	67.8
11	S.O.06	20.8886	26.2292	22.5063	69.7
12	Z.O.06	24.2340	31.2887	25.7353	78.7
13	S.O.07	37.3722	47.4088	40.3064	70.8
14	Z.O.07	20.4132	25.3570	22.0894	66.1
15	S.O.08	101.4184	115.7191	104.0725	81.4
16	Z.O.08	94.7345	107.4270	97.7989	75.9
17	S.O.09	21.9659	38.0218	31.9742	85.7
18	Z.O.09	97.2306	106.6351	104.3751	24.0
19	S.O.10	27.0972	33.4996	30.8012	42.2
20	Z.O.10	23.4383	29.7534	27.1079	41.9
21	S.O.11	29.0987	46.2845	34.5562	68.2
22	Z.O.11	82.8646	88.5620	84.2809	75.1
23	S.O.12	98.2312	156.8465	117.2835	67.5
24	Z.O.12	30.6132	37.9852	33.5001	60.8
25	S.O.13	83.1674	88.5736	84.9425	67.2
26	Z.O.13	28.9953	39.0785	33.8564	51.8
27	S.O.14	30.2831	38.9562	32.7534	71.5
28	Z.O.14	23.2473	29.1632	25.0005	70.4
29	S.O.15	26.2688	30.4491	27.7350	64.9
30	Z.O.15	24.5375	29.7523	26.1003	70.0
				Promedio	67.6

Elaborado por: Inés Ayala

Gráfica No. 4 Porcentaje de Humedad de Materia Orgánica



Elaborado por: Inés Ayala

Las muestras de materia orgánica analizadas durante esta investigación presentan un porcentaje de humedad relativamente alto, concordante con estudios realizados previamente. Al tener en promedio un porcentaje de humedad del 67.64 %, este tipo de residuos sobrepasa el contenido máximo de agua establecido por Alonso, Martínez, & Olías (2003), del 55 %. Si bien en su mayoría la humedad de la materia orgánica no es la óptima para un proceso de incineración, este proceso podría ser utilizado como complementario para la porción de residuos que presenten menor cantidad de agua.

Existen casos en los que se puede observar una disminución considerable de humedad, esto se da debido a la gran diferencia que puede existir en la composición de la materia orgánica.

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

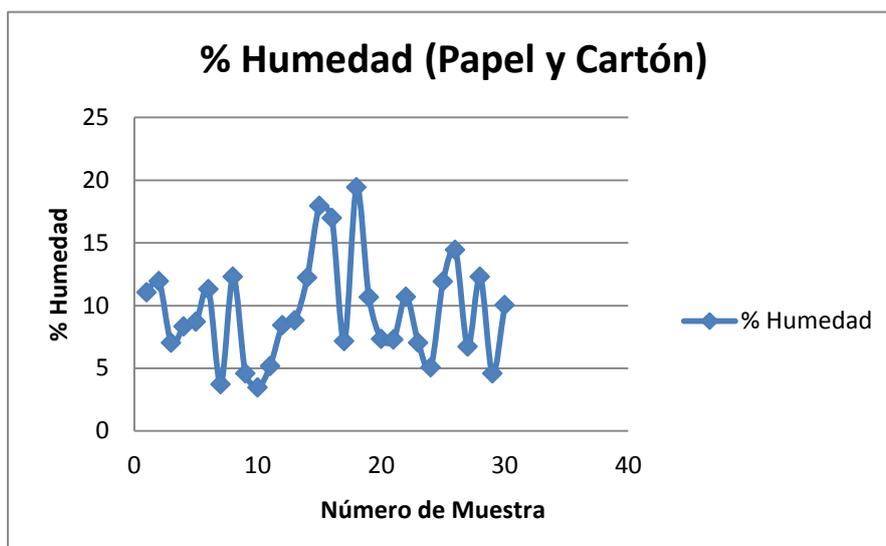
Tabla No. 10 Porcentaje de Humedad de Papel y Cartón

% Humedad (Papel y Cartón)					
No.	Muestra	Peso Crisol (g)	Peso Crisol + Muestra Húmeda (g)	Peso Crisol + Muestra Seca (g)	% Humedad
1	S.P.01	94.6395	112.9593	110.9362	11.0
2	Z.P.01	97.2299	111.1419	109.4805	11.9
3	S.P.02	62.9069	76.3144	75.3728	7.0
4	Z.P.02	90.9076	107.5715	106.1856	8.3
5	S.P.03	87.9951	100.3608	99.2834	8.7
6	Z.P.03	91.9908	123.6744	120.0976	11.3
7	S.P.04	20.5048	24.8068	24.6473	3.7
8	Z.P.04	20.3250	24.3364	23.8430	12.3
9	S.P.05	22.0413	25.9056	25.7283	4.6
10	Z.P.05	33.7384	38.2994	38.1414	3.5
11	S.P.06	23.0515	27.1149	26.9047	5.2
12	Z.P.06	20.7999	24.1282	23.8477	8.4
13	S.P.07	36.3946	39.1451	38.9029	8.8
14	Z.P.07	21.9807	24.5385	24.2263	12.2
15	S.P.08	21.9811	25.8196	25.1305	17.9
16	Z.P.08	91.2955	97.1822	96.1822	17.0
17	S.P.09	21.9702	28.7960	28.3084	7.1
18	Z.P.09	83.2063	88.2721	87.2884	19.4
19	S.P.10	21.8453	26.9850	26.4366	10.7
20	Z.P.10	32.3841	36.9971	36.6592	7.3
21	S.P.11	22.9742	26.8452	26.5630	7.3
22	Z.P.11	83.0645	87.9863	87.4599	10.7
23	S.P.12	62.9069	76.3144	75.3728	7.0
24	Z.P.12	31.8563	36.4431	36.2105	5.1
25	S.P.13	80.1093	84.9645	84.3860	11.9
26	Z.P.13	33.0623	37.9524	37.2471	14.4
27	S.P.14	20.5142	28.6732	28.1245	6.7
28	Z.P.14	20.3250	24.3364	23.8430	12.3
29	S.P.15	22.0413	25.9056	25.7283	4.6
30	Z.P.15	30.7384	32.9752	32.7510	10.0
				Promedio	9.6

Elaborado por: Inés Ayala

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Gráfica No. 5 Porcentaje de Humedad de Papel y Cartón



Elaborado por: Inés Ayala

El porcentaje promedio de humedad presentado por la categoría de papel y cartón es de 9.55%, en su mayoría esta humedad es adquirida durante la estadía del residuo en las respectivas estaciones de transferencia. A pesar de que la humedad de este tipo de desecho no es constante en ningún momento, esta presenta siempre un porcentaje menor al 55%. Por lo que este tipo de residuo es considerado óptimo para ingresar a un proceso de incineración.

En la gráfica número 5 se puede observar que existen tres datos que sobrepasan la media obtenida, esto podría deberse a la humedad adquirida durante la recolección y la estancia del residuo en las distintas estaciones de transferencia.

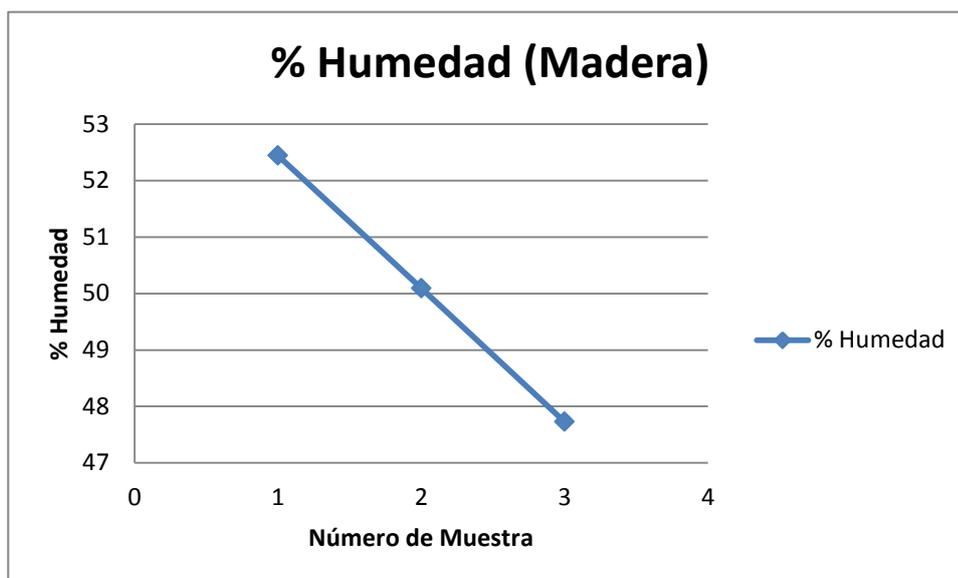
Tabla No. 10 Porcentaje de Humedad de Madera

% Humedad (Madera)					
No.	Muestra	Peso Crisol (g)	Peso Crisol + Muestra Húmeda (g)	Peso Crisol + Muestra Seca (g)	% Humedad
1	S.M.01	92.1286	97.8342	94.8421	52.44
2	Z.M.02	21.0074	25.0000	23.0000	50.09
3	Z.M.03	25.8324	33.9724	30.0874	47.73
Promedio					50.09

Elaborado por: Inés Ayala

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Gráfica No. 6 Porcentaje de Humedad de Madera



Elaborado por: Inés Ayala

A pesar de que no se cuenta con muchos datos correspondientes a la categoría de madera, se puede observar el porcentaje de humedad de este tipo de residuo entra dentro del límite máximo de contenido de agua, por lo que este residuo puede ser considerado como materia prima válida para un tratamiento térmico.

4.2.2.2 Resultados de Cuantificación de Poder Calórico

Tabla No. 12 Poder Calórico de Materia orgánica

Poder Calórico (Materia Orgánica)			
Número de Muestra	Muestra	PCS (cal/g)	PCI (cal/g)
1	S.O.01	3735.2	3294.3
2	Z.O.01	3736.9	3362.4
3	S.O.02	3322.9	2852.4
4	Z.O.02	3446.1	3062.7
5	S.O.03	3798.2	3303.8
6	Z.O.03	3179.9	2753.9
7	S.O.04	3146.9	2603.8
8	Z.O.04	3735.7	3313.5
9	S.O.05	3244.3	2854.8

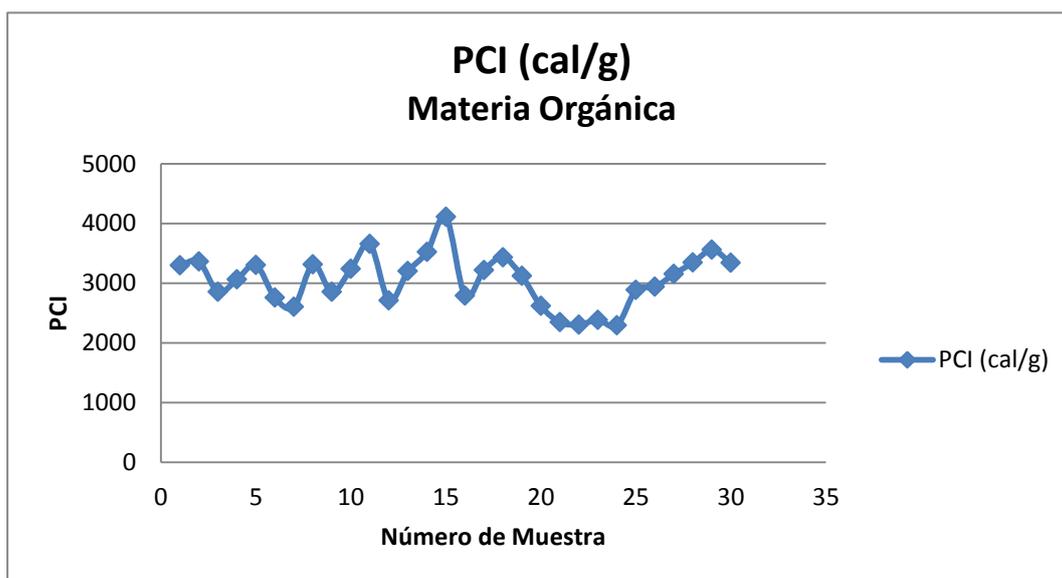
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Tabla No. 11 Poder Calórico de Materia orgánica (Continuación)

Número de Muestra	Muestra	PCS (cal/g)	PCI (cal/g)
11	S.O.06	4072.6	3654.4
12	Z.O.06	3180.1	2707.8
13	S.O.07	3622.5	3197.9
14	Z.O.07	3917.87	3521.30
15	S.O.08	4595.0	4106.4
16	Z.O.08	3244.6	2789.5
17	S.O.09	3441.0	3215.0
18	Z.O.09	3572.0	3427.9
19	S.O.10	3371.0	3118.1
20	Z.O.10	2866.8	2615.4
21	S.O.11	2755.6	2346.1
22	Z.O.11	2755.6	2304.7
23	S.O.12	2789.7	2384.7
24	Z.O.12	2655.4	2290.4
25	S.O.13	3287.5	2884.5
26	Z.O.13	3248.1	2937.4
27	S.O.14	3582.8	3153.7
28	Z.O.14	3764.3	3342.1
29	S.O.15	3945.9	3556.3
30	Z.O.15	3758.2	3338.0
$\bar{X}$	=	3447.2	3051.0
$\Sigma$	=	439.7	593.6

Elaborado por: Inés Ayala

Gráfica No. 7 Poder Calórico de Materia Orgánica



Elaborado por: Inés Ayala

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

En el caso de la materia orgánica, el poder calórico superior obtenido en esta investigación oscila entre 2655.41 cal/g y 4595.03 cal/g, esta diferencia se debe a que la composición del residuo varía con la hora, fecha y con la estación en donde se realice el muestreo. Debido a la diferencia en los datos obtenidos se obtiene una desviación estándar relativamente alta, de 439.72 cal/g, esta nos indica la variabilidad que existe entre la media aritmética y cada uno de los datos. La desviación estándar podría disminuir al incrementar la base de datos, realizando más muestreos.

Al comparar la media aritmética obtenida (3447.21 cal/g) con otros estudios, particularmente el realizado por Paredes & Gallardo (2008) en el que se indica un valor de poder calórico superior para la materia orgánica de 3672.80 cal/g, se puede observar que el margen de error entre los dos datos es mínimo, confirmando así la validez de la metodología desarrollada. Este error puede disminuir, al igual que la desviación estándar, realizando más muestreos, ya que al tener mayor cantidad de datos el error disminuye.

$$Er = \left| \frac{3672.80 - 3447.21}{3447.21} \right| = 6.54\%$$

**Tabla No. 12 Poder calórico de Papel y Cartón**

Poder Calórico (Papel y Cartón)			
Número de Muestra	Muestra	PCS (cal/g)	PCI (cal/g)
1	S.P.01	4514.49	4448.23
2	Z.P.01	3535.38	3463.73
3	S.P.02	3352.46	3310.32
4	Z.P.02	4948.21	4898.31
5	S.P.03	3641.07	3588.79
6	Z.P.03	3615.54	3547.80
7	S.P.04	3074.17	3051.93
8	Z.P.04	2463.45	2389.65
9	S.P.05	2463.45	2435.92
10	Z.P.05	2899.55	2878.77
11	S.P.06	3107.15	3076.12
12	Z.P.06	3479.91	3429.34

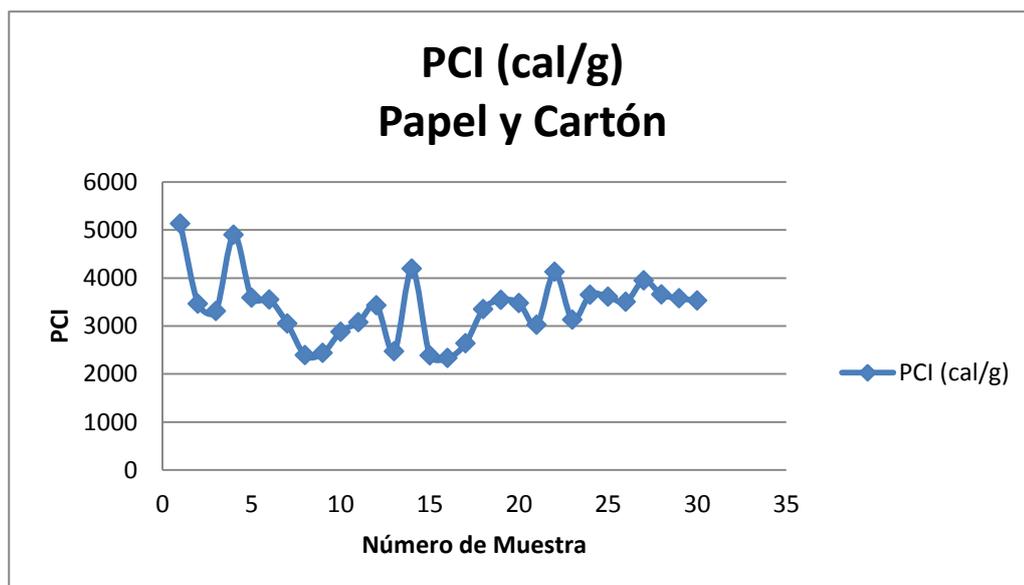
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Tabla No. 13 Poder calórico de Papel y Cartón (Continuación)

Número de Muestra	Muestra	PCS (cal/g)	PCI (cal/g)
13	S.P.07	2522.22	2469.38
14	Z.P.07	4265.28	4192.05
15	S.P.08	2493.59	2385.87
16	Z.P.08	2433.59	2331.66
17	S.P.09	2677.29	2634.43
18	Z.P.09	3468.37	3351.86
19	S.P.10	3603.39	3539.37
20	Z.P.10	3520.99	3477.04
21	S.P.11	3065.55	3021.81
22	Z.P.11	4188.75	4124.58
23	S.P.12	3173.48	3131.34
24	Z.P.12	3681.88	3651.46
25	S.P.13	3681.88	3610.39
26	Z.P.13	3585.97	3499.43
27	S.P.14	3988.01	3947.66
28	Z.P.14	3731.18	3657.38
29	S.P.15	3603.51	3575.98
30	Z.P.15	3590.26	3530.13
$\bar{X}$	=	3412.33	3355.02
$\Sigma$	=	626.12	632.59

Elaborado por: Inés Ayala

Gráfica No. 8 Poder Calórico de Papel y Cartón



Elaborado por: Inés Ayala

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Al igual que en el caso de la materia orgánica, el poder calórico superior de esta categoría presenta una desviación estándar alta y una variación considerable entre sus datos, estos oscilan entre 2334.49 cal/g y 4948.21 cal/g. El error relativo fue obtenido al comparar la media aritmética de los valores calculados con datos establecidos previamente (3895.79 cal/g) por Salinas & Vásquez (2010). El error calculado es de 14.17%, esto se debe por una parte a una base de datos insuficiente y por otra a posibles errores humanos.

$$Er = \left| \frac{3895.793 - 3412.33}{3412.33} \right| = 14.17\%$$

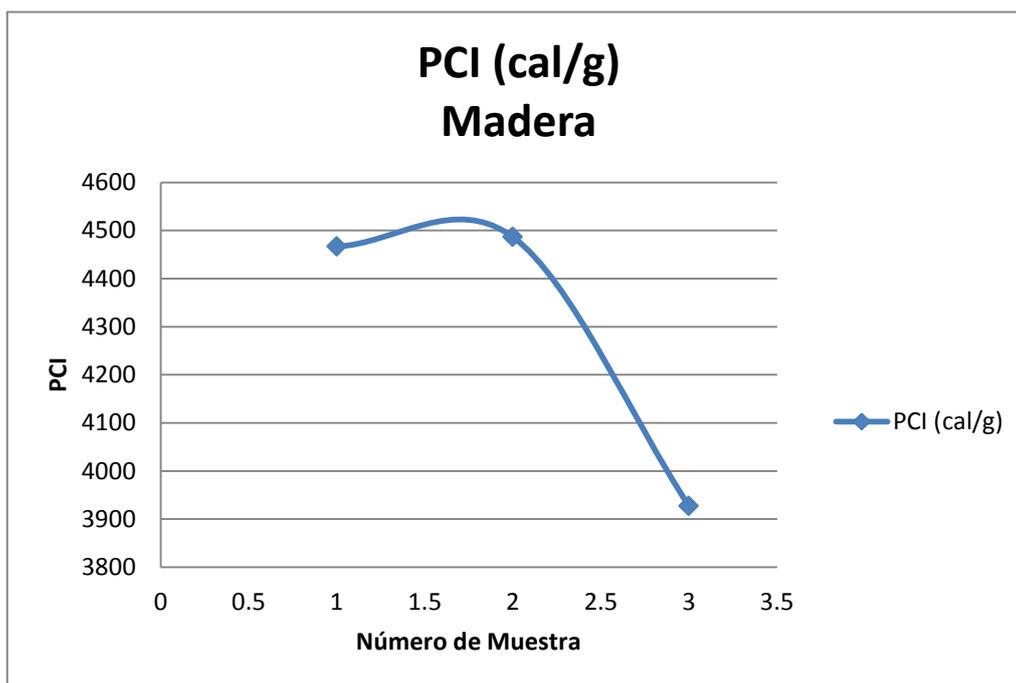
A pesar de que el error relativo es alto, los datos obtenidos de poder calórico concuerdan con lo establecido por la teoría, en la que se determina que el poder calórico de estos residuos varía entre 2400 y 4000 calorías por gramo.

**Tabla No. 13 Poder Calórico de Madera**

Poder Calórico (Madera)			
Número de Muestra	Muestra	PCS (cal/g)	PCI (cal/g)
1	S.M.01	4781.3	4466.6
2	Z.M.02	4787.1	4486.4
3	Z.M.03	4213.4	3927.1
$\bar{X}$	=	4593.9	4293.4
$\Sigma$	=	378.8	284.7

Elaborado por: Inés Ayala

Gráfica No. 9 Poder Calórico de Madera



Elaborado por: Inés Ayala

Lastimosamente durante la investigación resultó imposible el análisis de más muestras de madera ya que su presencia durante los muestreos fue poco frecuente. Se analizará entonces los datos obtenidos recalando previamente que no son suficientes como para representar con certeza la realidad de los residuos dentro del Distrito.

Si bien los resultados de poder calórico para la categoría de madera presentan una menor desviación estándar, esta sigue considerándose alta. Al igual que en los dos anteriores casos es necesaria una mayor base de datos para mejorar este resultado. A pesar de la poca cantidad de datos presentados, es posible confirmar la validez de la metodología desarrollada al comparar estos resultados con los establecidos en estudios previos. El rango establecido para el poder calórico superior de todo tipo de madera es de 4000 - 5000 cal/g (Universidad Central del Ecuador, s.f), con una media aritmética de 4593.94 cal/g los resultados de este análisis entran dentro de este rango. Con el fin de calcular el error relativo se ha tomado un

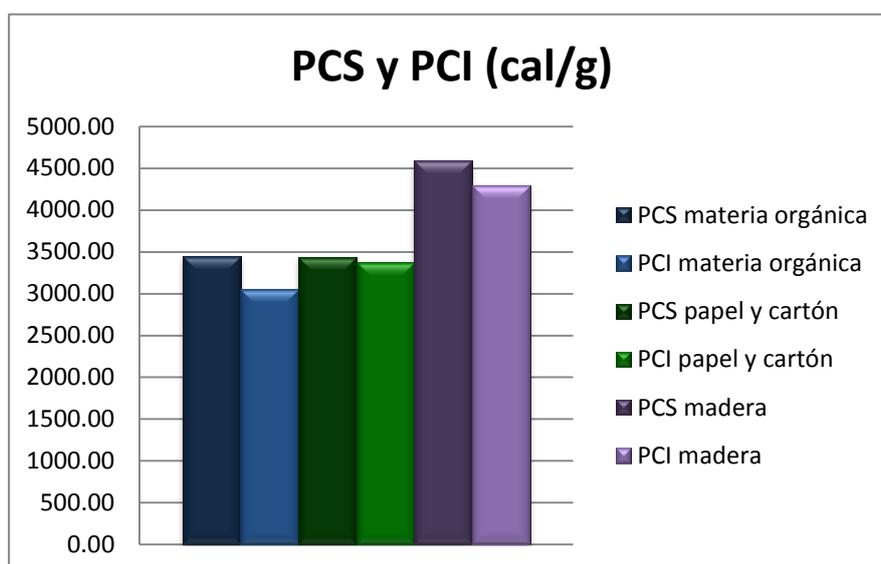
## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

valor más específico establecido por Pérez, Bucio, Cortes, Miranda, & Quiñones (2012), 4484 cal/g.

$$Er = \left| \frac{4,484 - 4593.94}{4593.94} \right| = 0.097\%$$

Se puede observar que el error relativo es mínimo, lo que nos indica la efectividad y validez de la metodología desarrollada para el análisis de este tipo de residuo. A pesar de que se cuenta con pocos datos para los residuos de madera, se puede establecer y confirmar la validez del método.

**Gráfica No. 10 Comparación de poder calóricos de residuos**



**Elaborado por: Inés Ayala**

Al comparar los resultados de poder calórico superior e inferior de los distintos tipos de residuos se puede observar que la madera presenta mayor calor de combustión, considerando que este residuo presenta una humedad menor al 55% podría ser una buena opción el tratamiento térmico. Debido a que contiene gran cantidad de humedad, la materia orgánica presenta la mayor diferencia entre el poder calórico superior e inferior.

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Conclusiones

- Se concluye que la metodología desarrollada dentro la presente investigación en base a análisis de laboratorio y fundamentos bibliográficos puede ser considerada en futuros estudios como un procedimiento apto para la cuantificación del poder calórico de los RSU del DMQ, específicamente para las categorías de madera, materia orgánica y papel y cartón. La similitud encontrada entre los resultados teóricos y prácticos indica la efectividad y validez de dicha metodología.
- Las categorías de madera, papel y cartón presentan el contenido de humedad y porcentaje combustible necesario para ser consideradas como materia prima óptima para el proceso de incineración. Con un poder calórico lo suficientemente alto, estos tipos de residuos pueden funcionar como autocombustibles durante este proceso.
- El porcentaje de humedad promedio contenido en las muestras de materia orgánica analizadas supera el límite máximo establecido en la teoría (55% de humedad), por esta razón este tipo de residuo no podría ser considerado como materia prima exclusiva para el proceso de incineración. Sin embargo, este proceso podría ser considerado como complementario dentro del manejo de materia orgánica, acompañando a tratamientos como compostaje, biometanización, entre otros.
- Si bien la categoría de madera presenta las condiciones óptimas para un tratamiento térmico, el porcentaje que es trasladado a las distintas estaciones de transferencia es mínimo por lo que sería necesario analizar si la cantidad de residuo obtenida justifica la implementación de este tratamiento.

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- La valorización energética mediante un tratamiento térmico es posible para tanto la categoría de madera como de papel y cartón, ya que durante la incineración de estos materiales es liberada energía que puede ser utilizada para distintos fines.
- De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que la incineración puede ser considerada como posible tratamiento para las categorías de madera y papel y cartón.
- Con el fin de obtener una combustión completa de la muestra, durante el análisis de materia orgánica y madera, es necesaria la inyección de una mayor cantidad de oxígeno. Al momento de la preparación de la bomba se incrementa la presión de oxígeno en 5 atmósferas, esto se debe al alto contenido de carbono que poseen los residuos dentro de esta categoría.
- Debido a que los análisis involucran la combustión de los residuos, con cada uno de ellos se genera una pequeña cantidad de cenizas. Esta debe ser analizada en un futuro estudio con el fin de identificar un tratamiento adecuado en el caso de llevar a cabo un proceso de incineración.
- Si bien los residuos plásticos poseen un alto poder calórico, el cual podría ser utilizado dentro del tratamiento de incineración con aprovechamiento de energía, su análisis mediante esta metodología no es recomendable debido a las toxinas liberadas durante la combustión de este material. En cuanto a su manejo a nivel industrial, el reciclaje podría ser considerado como la mejor opción de tratamiento para la mayoría de residuos plásticos. El proceso de incineración podría ser aplicado para el porcentaje de residuos no reciclables, sin embargo resultaría necesaria la implementación de tecnología que prevenga la formación de estas toxinas y que las elimine de las emisiones gaseosas generadas.
- El análisis de la categoría de textiles fue descartado debido a que la composición exacta de este tipo de residuos es desconocida. Por esta razón es necesario un estudio

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

previo para identificar y clasificar los distintos tipos de textil que pueden ser encontrados en las Estaciones de Transferencia.

- En base a referencias bibliográficas y pruebas realizadas en la bomba calorimétrica adiabática, se determinó que se obtiene un mayor poder calórico en los casos en los que las muestras analizadas se encuentren completamente secas, obteniéndose mejores resultados cuando estas además se encuentran apropiadamente trituradas y compactadas. Por lo que para un proceso de incineración óptimo de los RSU, es necesaria la incorporación de estos procedimientos.
- Es importante la implementación de la separación y clasificación en la fuente, no solo para facilitar el tratamiento de los distintos tipos de residuos, sino también para evitar que estos adquieran mayor cantidad de humedad, hecho que ocurre durante su estadía en las diferentes Estaciones de Transferencia y/o durante el transporte.
- Durante el tratamiento estadístico de los resultados, se encontró que existe una desviación estándar considerable, esto se debe al número de muestras utilizadas para el cálculo. La variación de los resultados disminuirá una vez se realicen los cálculos estadísticos utilizando una mayor cantidad de datos.
- El error relativo obtenido para las categorías de materia orgánica y papel y cartón son relativamente altos, sin embargo estos valores pueden bajar al realizar mayor cantidad de muestreos y manteniendo el correcto protocolo de manejo de muestras para descartar posibles errores humanos.
- El número de muestras tomadas, si bien permiten determinar la tendencia en la que se encuentra el poder calórico de los residuos, no son suficientes como para validar el método desde un punto de vista estadístico. Para lograr esto es necesario el análisis de un mayor número de muestras.

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- La categoría de materia orgánica presenta un mayor error relativo, no obstante su media aritmética entra en el rango establecido en la teoría. La madera con 0.097% es la categoría que menor error relativo presenta. Esta diferencia se debe a la variación en la composición que presentan las muestras de la categoría de materia orgánica, la cual se muestra mucho más evidente en este tipo de residuos que en la madera.
- Concordando con la teoría, la categoría de madera presenta un mayor poder calórico generando una media de 4593.94 cal/g. Si bien la categoría de papel y cartón presentan un PCS medio similar al de la materia orgánica, al momento de analizar el PCI se observa una diferencia ya que la materia orgánica presenta un mayor porcentaje de humedad. Se entiende entonces que el poder calórico de la categoría de papel y cartón es superior al de materia orgánica.
- Si bien los datos de poder calórico superior e inferior de las distintas categorías se mantiene relativamente constante, este puede variar dependiendo de la composición de los residuos, del momento y del lugar en el que se tome la muestra.
- Al analizar por separado las distintas categorías no se puede determinar la factibilidad de un proceso de incineración para residuos mezclados, para esto es necesario un análisis previo de poder calórico de una muestra compuesta.
- El realizar el análisis con muestras secas implica que para obtener resultados cercanos a los de la presente investigación, se deberá incorporar al tratamiento de incineración un proceso previo de secado de los residuos, es importante entonces la realización de un análisis usando muestras húmedas para determinar si resulta factible iniciar estos procesos.
- Se comprobó la efectividad de la bomba calorimétrica de oxígeno para la cuantificación de poder calórico de los residuos sólidos urbanos del DMQ.

## 5.2 Recomendaciones

- Es importante continuar con el análisis de muestras para de esta manera aumentar la base de datos, disminuir la desviación estándar así como también el error relativo y obtener resultados más cercanos a la realidad. Al aumentar el número de muestras se podrá entender de mejor manera las variaciones en los resultados.
- Se recomienda continuar con otros estudios necesarios para determinar la viabilidad de incorporar un tratamiento térmico al manejo de residuos dentro del DMQ.
- Al haber comprobado la validez de la metodología desarrollada, se recomienda mantener este procedimiento en futuros estudios.
- Es recomendable llevar a cabo un estudio en el que se identifique la composición y características de las cenizas generadas durante la incineración de los residuos.
- Es importante mantener el correcto protocolo de manejo de las muestras en todo momento con el fin de minimizar la posibilidad de alterar los resultados debido a errores humanos.
- A lo largo del desarrollo del estudio se recomienda realizar procedimientos periódicos con muestras estándar de ácido benzoico, con la finalidad de corroborar la eficiencia de la metodología desarrollada, así como el correcto funcionamiento del equipo utilizado.
- Se recomienda mantener un correcto manejo de las muestras, ya sea durante el trabajo de campo como en el realizado dentro del laboratorio, tal como se indica en el apartado número 3 (MÉTODO) de la presente investigación. Se debe utilizar en todo momento el respectivo equipo de seguridad ya establecido.
- Resulta de gran importancia continuar con el presente estudio, con el fin de validar la metodología de cuantificación de poder calórico desarrollada.

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- Una vez realizados los estudios necesarios para la determinación de la composición de los residuos textiles, se recomienda incorporar esta categoría a la investigación.
- Se recomienda analizar la viabilidad de tratamientos alternativos para el manejo de la materia orgánica, como por ejemplo la biometanización, compostaje, etc.
- Se recomienda la realización de futuros proyectos con el fin de continuar con la investigación y de estudiar la mejor forma de incorporar un sistema de separación y recolección diferenciada de modo que se pueda dar un tratamiento más eficaz a los desechos sólidos generados en el DMQ.
- No resulta recomendable la incorporación de residuos plásticos a la investigación debido a las sustancias tóxicas, como dioxinas y furanos, que pueden ser generadas durante la combustión y que pueden afectar a la salud del analista.
- Es importante la incorporación de un análisis utilizando muestras compuestas, así como también muestras húmedas con el fin de contrastar datos y determinar las características óptimas para un proceso de incineración de RSU dentro del DMQ.
- Es importante que las muestras sean analizadas lo antes posible para así evitar variaciones en las características iniciales de los residuos, estos deben cumplir, sin excepción, con los procedimientos de manejo y almacenamiento debidos.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, C., Martínez, E., & Olías, J. (2003). *Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos*. Madrid: Editora LA LEY.
- Atkins, P., & de Paula, J. (2008). *Química Física*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Carreras, R., & al, e. (2006). *Tecnología energética y medio ambiente (Volumen 1)*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Castells, X. (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. España: Ediciones Díaz Santos.
- Castillo, M. J. (2012). *Determinación de la Composición y Densidad de los Residuos Sólidos Urbanos del Distrito Metropolitano de Quito con fines de aprovechamiento energético y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Del Val, A. (1996). Tratamiento de los residuos sólidos urbanos. *Textos sobre Sostenibilidad*, 19-47.
- Dueñas, D. (2012). *Cuantificación del porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas contenido en los residuossolidos del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Universidad Internacional DES.
- EMASEO EP. (2012). *Recolección domiciliaria: EMASEO, Empresa Pública Metropolitana de Aseo*. Recuperado el 11 de Junio de 2013, de sitio web de EMASEO, Empresa Pública Metropolitana de Aseo: <http://www.emaseo.gob.ec/index.php/recoleccion-domiciliaria.html>
- EMGIRS EP. (2012). *Operaciones: Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Recuperado el 11 de Junio de 2013, de sitio web de Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos: <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/operaciones/relleno-sanitario>
- Hidalgo, A. (2012). Valorización de residuos de biomasa en la industria de la construcción. *Energía sostenible para todos*.
- Instituto Nacional de Ecología. (2001). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Jiménez, B. (2002). *La Contaminación Ambiental en México*. México: Editorial Limusa.
- Marquez, M. (2005). *Combustion y Quemadores*. Madrid: Marcombo S.A.
- Martínez, E., & Carpi, J. (2006). *Residuos urbanos y sustentabilidad ambiental*. Valencia: Universidad de Valencia.

## CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- Murray, R. (1997). *Estadística*. México: Editorial McGraw-Hill.
- Newbery, J., & Thierry, J. (2007). *El Petróleo*. Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- Orellana, D. (2012). *Análisis de residuos sólidos urbanos del DMQ para cuantificación de carbono y metanos como gas de efecto invernadero (Disertación de Ingeniería Ambiental)*. Quito: Universidad Internacional SEK.
- Paredes, E., & Gallardo, P. (Agosto de 2008). *Diseño y construcción de un sistema de combustión con capacidad de 10 kw. Para caracterización térmica de biomasa residual, con aplicación al laboratorio de energías renovables del DECEM*. Quito, Pichincha, Ecuador: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.
- Parr Instrument Company. (s.f). *Operating Instuction Manual. Oxygen Bomb Calorimeter No. 204M*. Illinois: Parr.
- Pérez, R., Bucio, F., Cortes, J., Miranda, J., & Quiñones, G. (2012). Poder calorífico y material inorgánico en la corteza de seis árboles frutales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 375-384.
- Pineda, N., & Loera, E. (2007). Bien recolectada pero mal tratada. El manejo municipal de la basura en Ciudad Obregón, Hermosillo y Nogales. *Revista de Estudios sociales*, 30(15).
- Quito Ambiente. (16 de Abril de 2012). *Manejo de residuos en el Distrito Metropolitano de Quito: Quito Ambiente*. Recuperado el 16 de Junio de 2013, de Sitio web de Quito Ambiente: <http://www.quitoambiente.com.ec/index.php/documentos-gestion-ambiental/viewdownload/5-gestion-ambiental/20-manejo-de-residuos-en-el-distrito-metropolitano-de-quito>
- Romero, A. (2010). *Incineración de Residuos Sólidos Urbanos*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- S.A. (16 de Julio de 2012). Nueva Etapa en El Inga. *Últimas Noticias*.
- Sakurai, K. (10 de Diciembre de 2000). *HDT 17: METODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SOLIDOS*. Recuperado el 08 de Junio de 2013, de <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
- Salinas, J., & Vasquez, S. (Enero de 2010). *Diseño y construcción de un sistema de combustión*. Quito, Pichincha, Ecuador: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.
- Sans, R., & Ribas, P. (1989). *Ingeniería ambiental: Contaminación y tratamientos*. Barcelona: Marcombo S.A.
- Secretaria de Ambiente. (Septiembre de 2010). *Imágenes y publicaciones: Quito Ambiente*. Recuperado el 11 de Junio de 2013, de

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

[http://www.quitoambiente.gob.ec/imagenes\\_publicaciones/El\\_reciclaje\\_en\\_el\\_DMQ\\_Pablo\\_Suarez.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/imagenes_publicaciones/El_reciclaje_en_el_DMQ_Pablo_Suarez.pdf)

Universidad Central del Ecuador. (s.f). *Gestión Integral de Residuos*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Velázquez, M. (2006). *Aprovechamiento de los Residuos Forestales para uso energético*. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

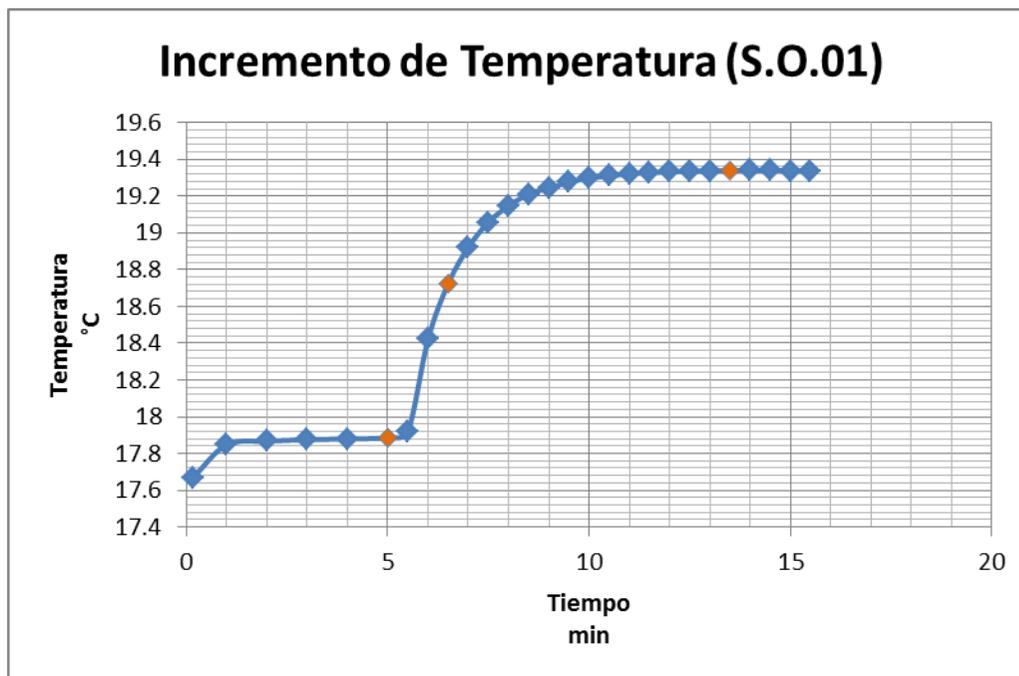
Wauquier, J. (2004). *El refino de petróleo: petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación*. Francia: Ediciones Díaz Santos.

## 7. ANEXOS

### ANEXO I. Registro de Temperatura

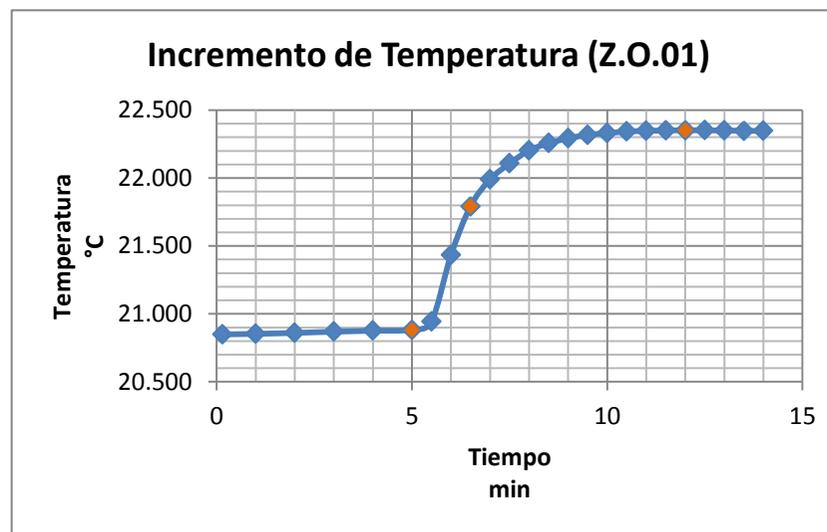
- Registro de Temperatura durante el análisis de Materia Orgánica (tablas y gráficos elaborados por Inés Ayala)

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.O.01	0.9236	17.667	17.922	19.339
			17.848	18.422	19.339
			17.867	18.724	19.338
			17.875	18.921	19.338
			17.88	19.058	19.338
			17.886	19.147	-
			-	19.211	-
			-	19.243	-
			-	19.277	-
			-	19.297	-
			-	19.311	-
			-	19.321	-
			-	19.327	-
			-	19.332	-
			-	19.335	-
			-	19.337	-
-	19.339	-			

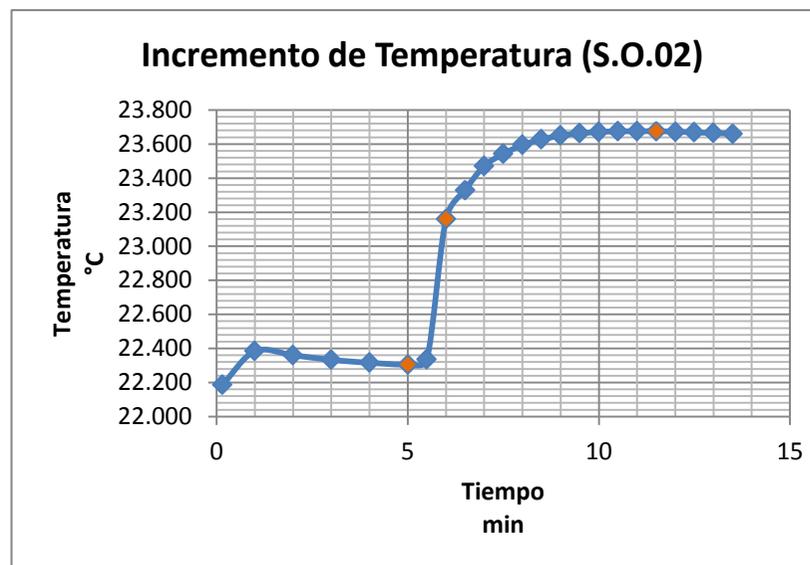


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.O.01	0.9139	20.849	20.943	19.339
			20.853	21.432	19.339
			20.86	21.792	19.338
			20.869	21.99	19.338
			20.876	22.107	19.338
			20.883	22.203	-
			-	22.256	-
			-	22.293	-
			-	22.317	-
			-	22.33	-
			-	22.342	-
			-	22.347	-
			-	22.35	-
			-	22.352	-

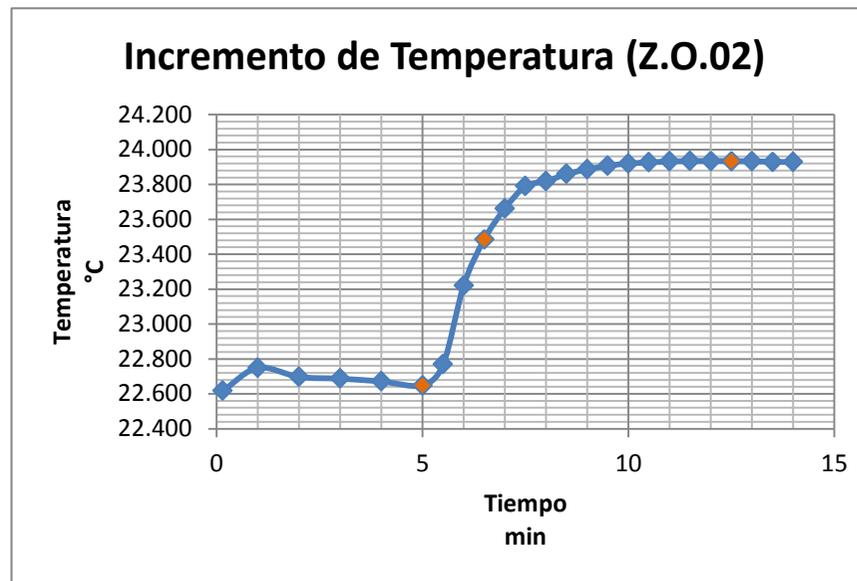


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.O.02	1.0133	22.186	22.335	19.339
			22.384	23.161	19.339
			22.360	23.33	19.338
			22.333	23.471	19.338
			22.316	23.542	19.338
			22.306	23.595	-
			-	23.627	-
			-	23.65	-
			-	23.663	-
			-	23.671	-
			-	23.675	-
			-	23.675	-
			-	23.676	-

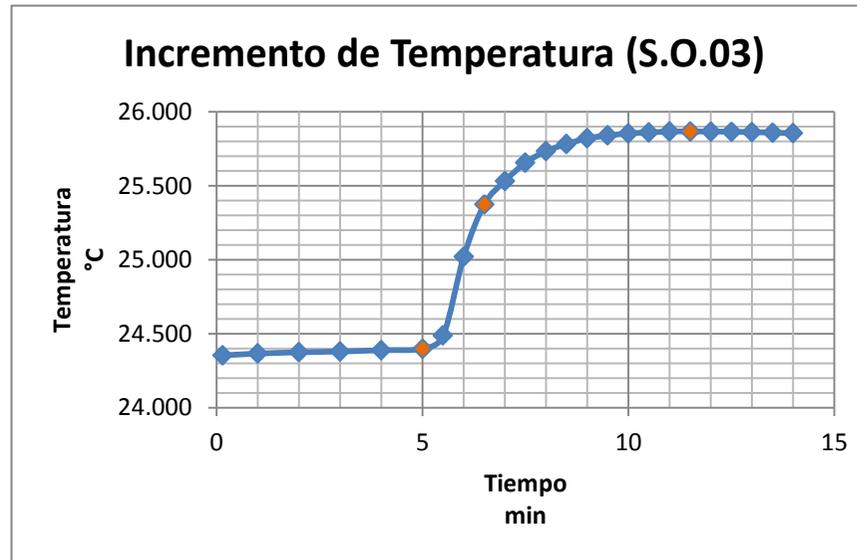


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.O.02	1.0391	22.208	22.295	23.721
			22.246	22.779	23.72
			22.244	23.104	23.719
			22.243	23.314	23.718
			22.242	23.449	23.716
			22.24	23.539	-
			-	23.596	-
			-	23.638	-
			-	23.664	-
			-	23.685	-
			-	23.699	-
			-	23.71	-
			-	23.716	-
			-	23.721	-
			23.722	-	-

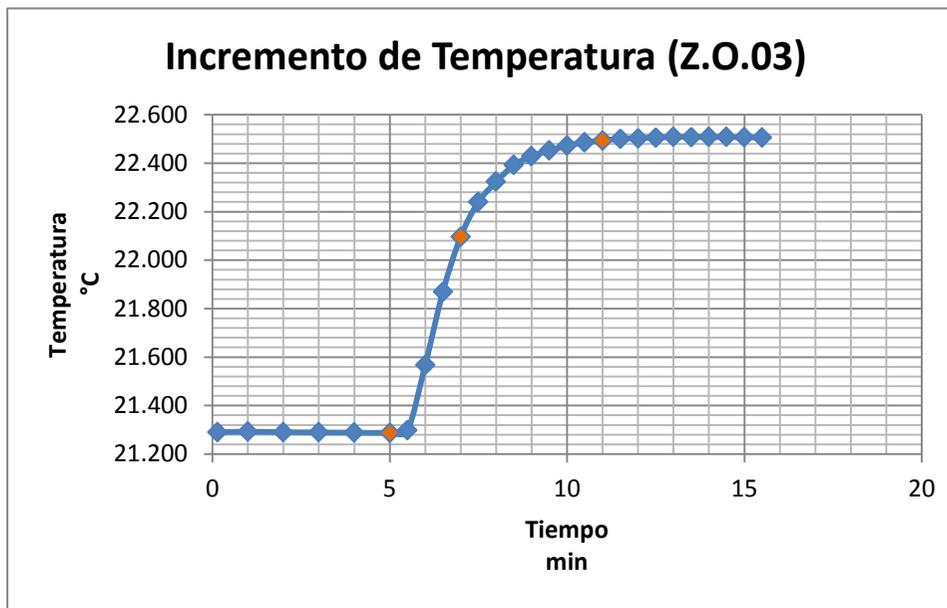


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.O.03	0.9520	24.354	24.488	25.867
			24.366	25.022	25.866
			24.375	25.375	25.863
			24.38	25.533	25.86
			24.389	25.656	25.855
			24.399	25.735	-
			-	25.783	-
			-	25.821	-
			-	25.84	-
			-	25.854	-
			-	25.861	-
			-	25.867	-
			-	25.868	-



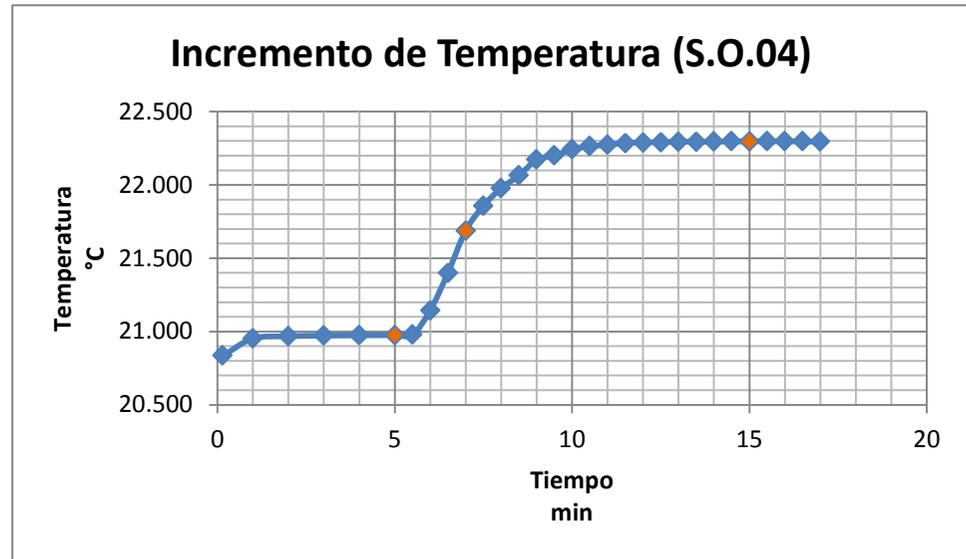
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.O.03	0.9290	21.29	21.298	22.508
			21.292	21.568	22.508
			21.29	21.87	22.508
			21.289	22.097	22.507
			21.288	22.24	22.506
			21.288	22.323	-
			-	22.392	-
			-	22.429	-
			-	22.452	-
			-	22.472	-
			-	22.486	-
			-	22.494	-
			-	22.501	-
			-	22.503	-
			-	22.506	-
-	22.508	-			



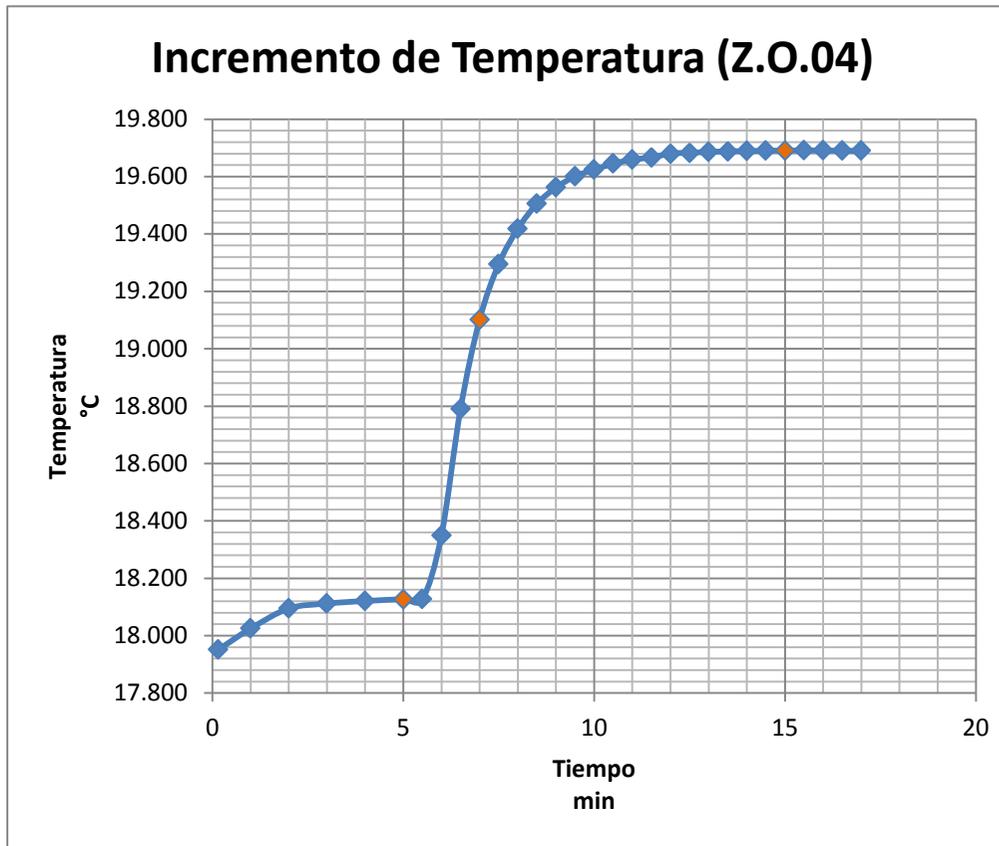
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.O.04	1.0436	20.835	20.979	22.298
			20.952	21.145	22.298
			20.968	21.401	22.297
			20.972	21.689	22.296
			20.974	21.857	-
			20.976	21.978	-
			-	22.064	-
			-	22.172	-
			-	22.201	-
			-	22.243	-
			-	22.265	-
			-	22.273	-
			-	22.286	-
			-	22.29	-
			-	22.292	-
			-	22.294	-
-	22.295	-			
-	22.296	-			



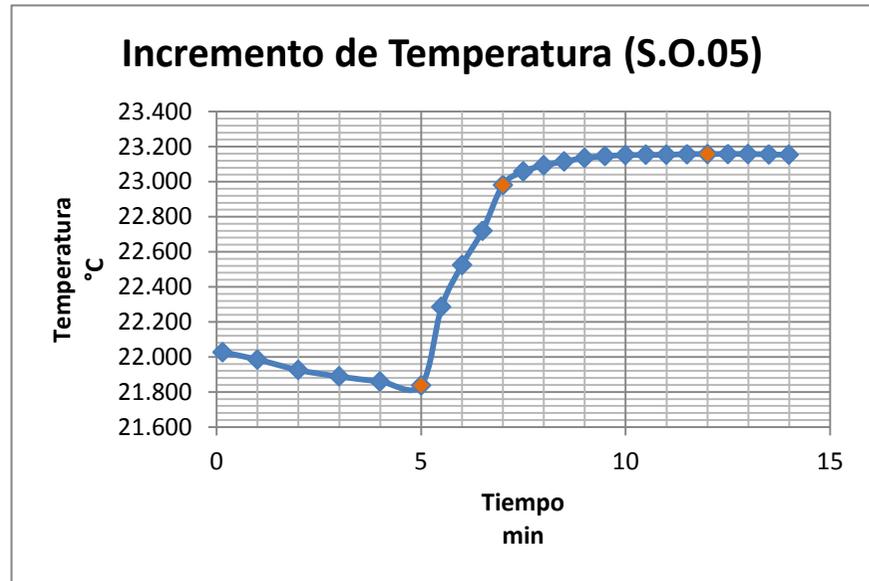
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.O.04	0.9965	17.951	18.127	19.691
			18.025	18.35	19.691
			18.095	18.791	19.690
			18.112	19.102	19.690
			18.121	19.295	-
			18.127	19.418	-
			-	19.505	-
			-	19.562	-
			-	19.601	-
			-	19.624	-
			-	19.645	-
			-	19.659	-
			-	19.667	-
			-	19.68	-
			-	19.683	-
			-	19.686	-
			-	19.688	-
			19.69		
			19.691		



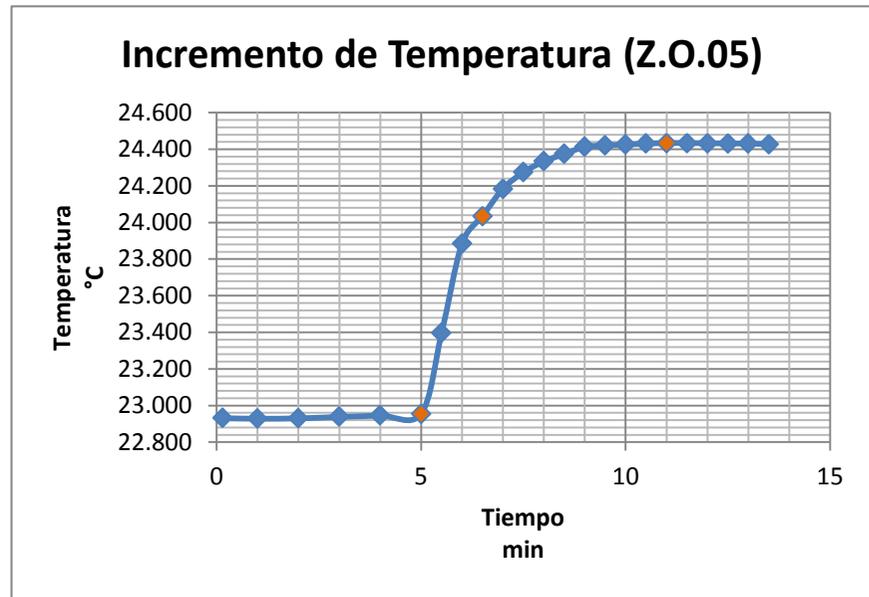
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.O.05	0.9557	22.027	22.285	23.158
			21.985	22.525	23.158
			21.925	22.72	23.156
			21.888	22.981	23.153
			21.860	23.058	-
			21.838	23.093	-
			-	23.115	-
			-	23.135	-
			-	23.146	-
			-	23.151	-
			-	23.153	-
			-	23.154	-
			-	23.157	-
			-	23.158	-



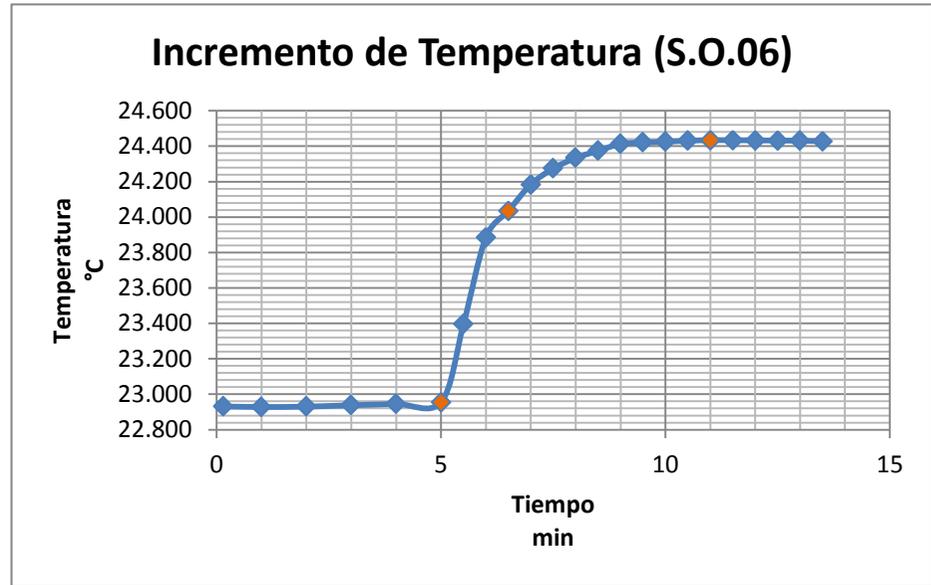
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.O.05	0.9965	22.931	23.395	24.434
			22.928	23.886	24.433
			22.93	24.035	24.432
			22.938	24.184	24.431
			22.945	24.274	24.428
			22.955	24.334	-
			-	24.374	-
			-	24.413	-
			-	24.421	-
			-	24.425	-
			-	24.431	-
			-	24.434	-



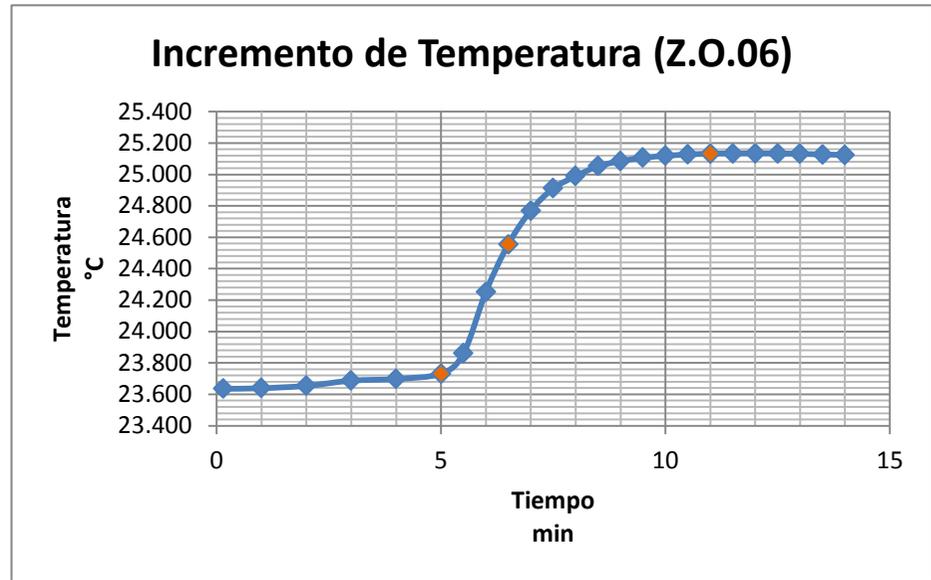
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.O.06	1.0668	20.002	20.212	21.665
			20.019	20.744	21.662
			20.01	21.116	21.659
			20.001	21.298	21.655
			19.988	21.426	21.651
			19.975	21.52	-
			-	21.574	-
			-	21.617	-
			-	21.638	-
			-	21.652	-
			-	21.66	-
			-	21.665	-
			-	21.666	-



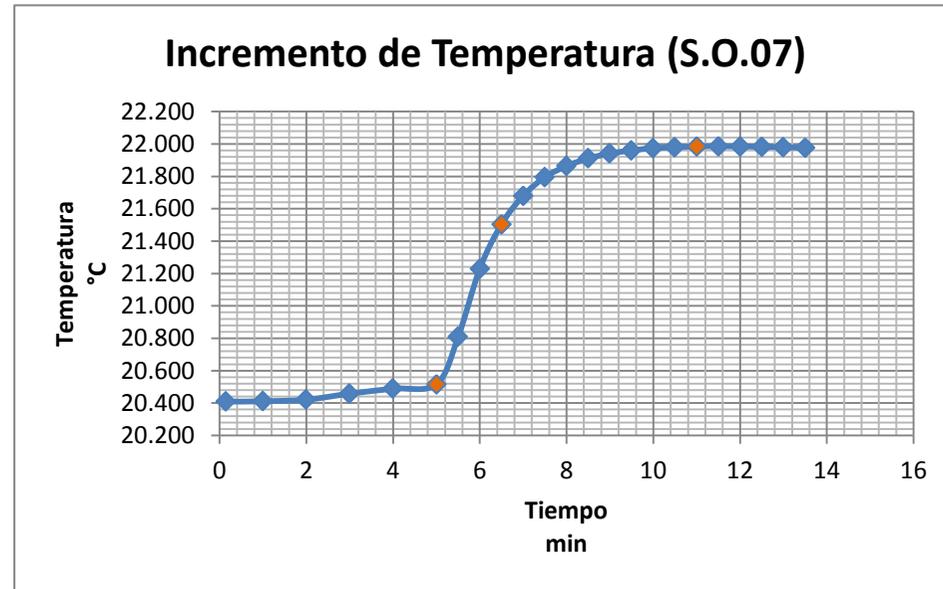
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.O.06	1.0737	23.635	23.861	25.134
			23.639	24.253	25.131
			23.654	24.556	25.128
			23.687	24.77	25.124
			23.698	24.911	-
			23.732	24.989	-
			-	25.053	-
			-	25.085	-
			-	25.106	-
			-	25.119	-
			-	25.127	-
			-	25.133	-
			-	25.134	-
			-	25.135	-

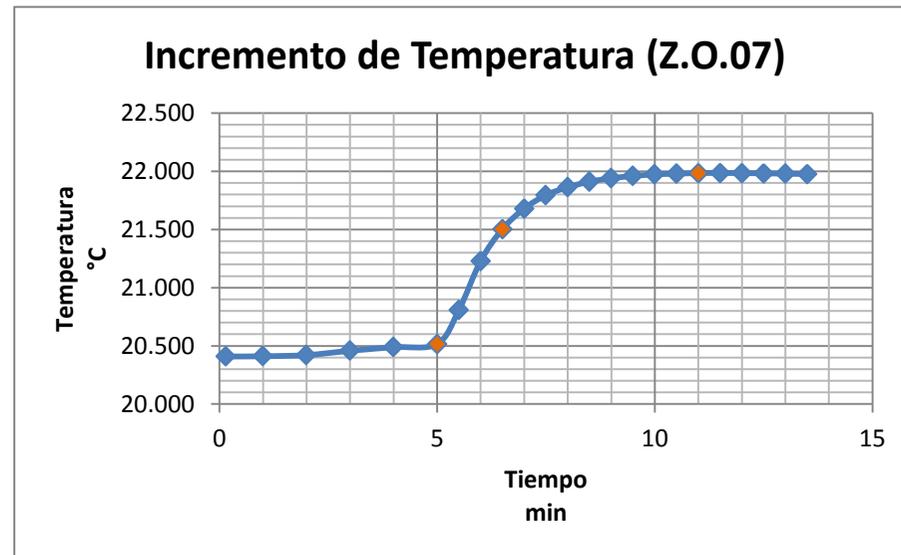


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.O.07	0.9838	20.409	20.808	21.985
			20.411	21.23	21.983
			20.421	21.504	21.980
			20.458	21.68	21.977
			20.489	21.795	-
			20.516	21.864	-
			-	21.911	-
			-	21.941	-
			-	21.96	-
			-	21.974	-
			-	21.98	-
			-	21.985	-
-	21.986	-			

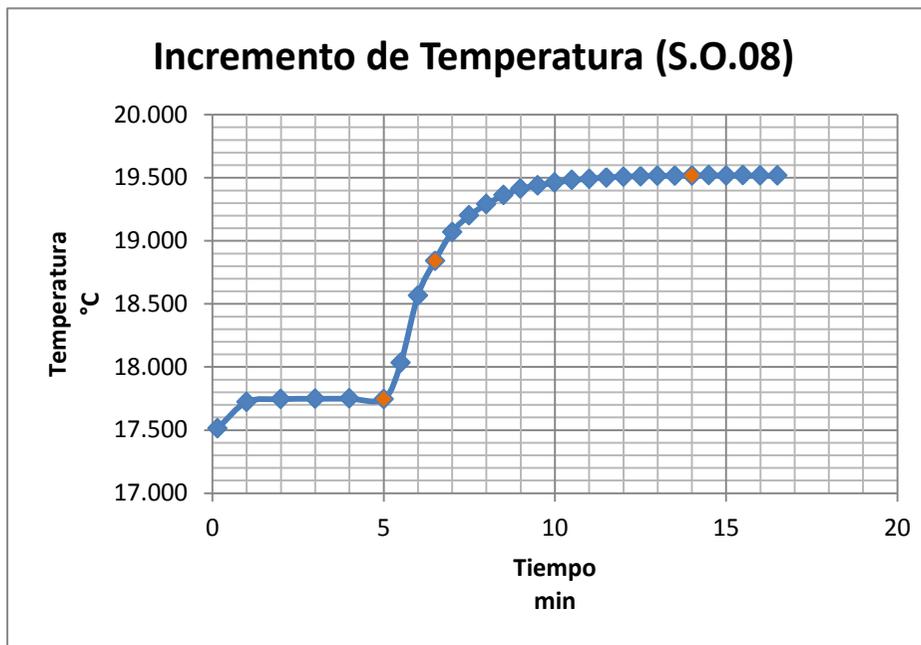


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.O.07	0.9750	22.954	23.061	24.305
			22.971	23.558	24.303
			22.903	23.822	24.301
			22.863	24.071	24.297
			22.833	24.126	24.292
			22.810	24.194	-
			-	24.239	-
			-	24.271	-
			-	24.287	-
			-	24.299	-
			-	24.305	-

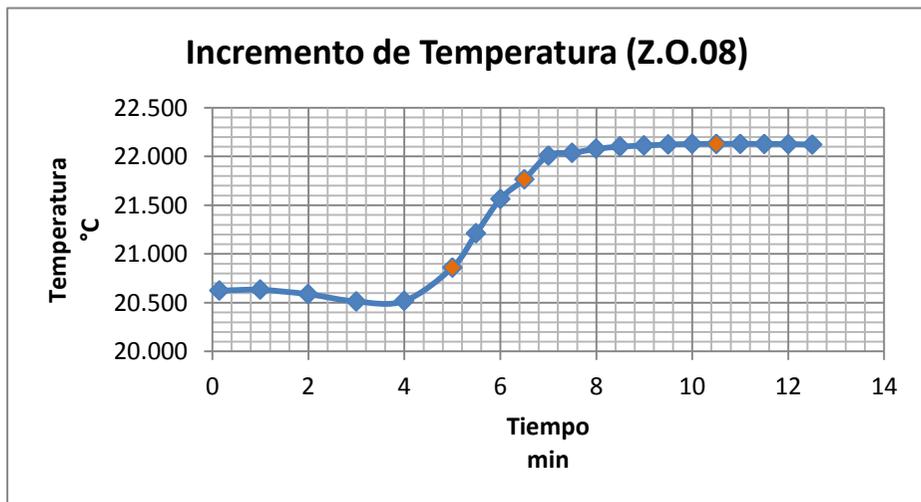


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.O.08	0.9543	17.514	18.032	19.519
			17.723	18.568	19.519
			17.745	18.843	19.519
			17.748	19.071	19.517
			17.749	19.2	19.517
			17.747	19.291	-
			-	19.361	-
			-	19.414	-
			-	19.439	-
			-	19.462	-
			-	19.481	-
			-	19.493	-
			-	19.503	-
			-	19.509	-
			-	19.513	-
-	19.515	-			
-	19.518	-			
-	19.519	-			

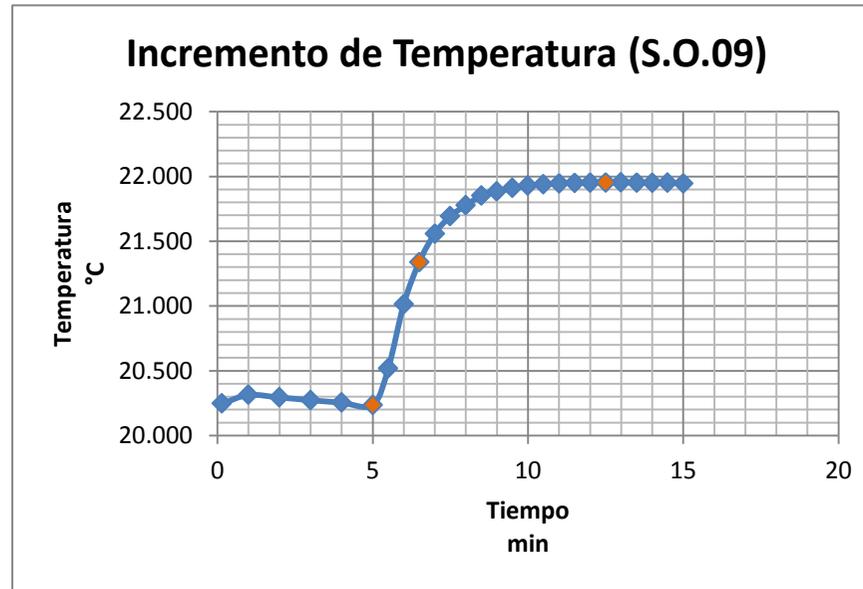


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.O.08	0.9778	20.624	21.212	22.13
			20.632	21.565	22.129
			20.587	21.767	22.127
			20.512	22.01	22.123
			20.518	22.037	-
			20.861	22.078	-
			-	22.101	-
			-	22.112	-
			-	22.123	-
			-	22.128	-
			-	22.13	-



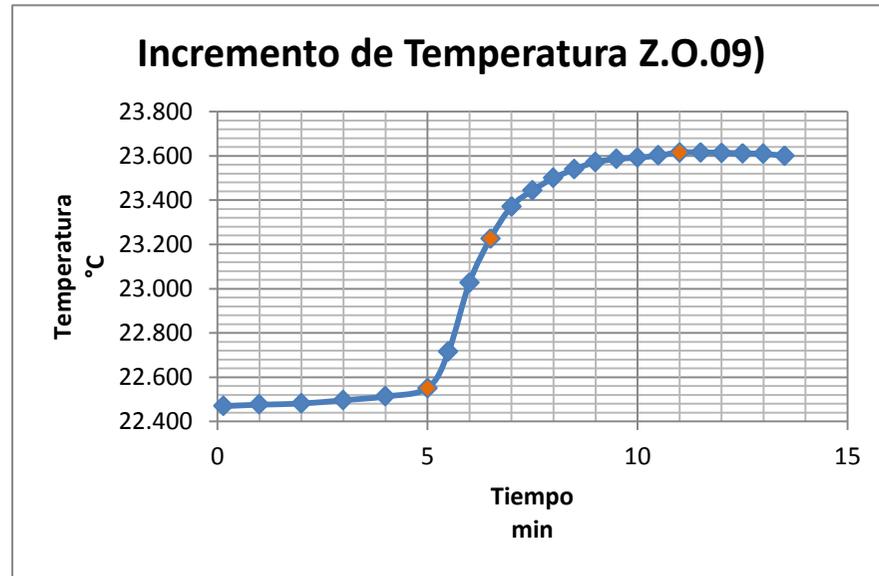
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.O.09	1.0607	20.247	20.518	21.954
			20.313	21.015	21.953
			20.294	21.34	21.952
			20.273	21.559	21.95
			20.254	21.693	21.947
			20.237	21.777	-
			-	21.852	-
			-	21.883	-
			-	21.911	-
			-	21.929	-
			-	21.939	-
			-	21.947	-
			-	21.951	-
			-	21.953	-
-	21.954	-			



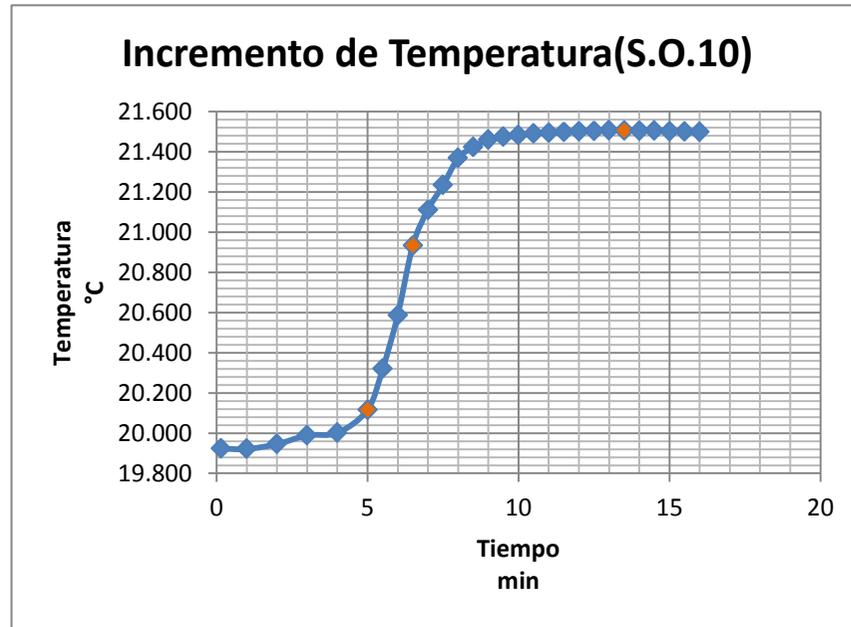
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.O.09	0.9798	22.469	22.715	23.616
			22.476	23.028	23.614
			22.481	23.227	23.612
			22.496	23.372	23.609
			22.513	23.444	23.601
			22.551	23.5	-
			-	23.54	-
			-	23.572	-
			-	23.586	-
			-	23.592	-
			-	23.602	-
			-	23.616	-



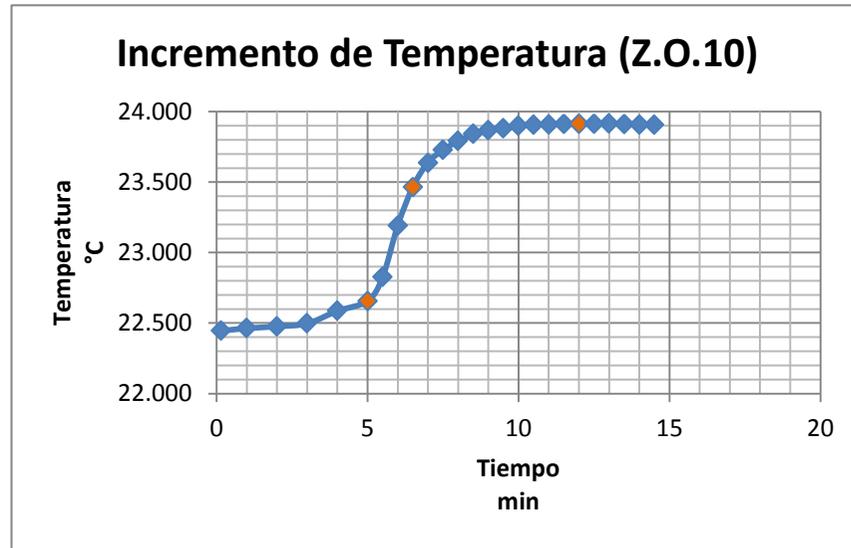
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.O.10	0.9807	19.923	20.32	21.506
			19.921	20.588	21.505
			19.945	20.935	21.503
			19.989	21.112	21.501
			20.001	21.234	21.498
			20.117	21.369	-
			-	21.423	-
			-	21.461	-
			-	21.474	-
			-	21.482	-
			-	21.49	-
			-	21.496	-
			-	21.5	-
			-	21.503	-
			-	21.505	-
-	21.506	-			
-	21.507	-			

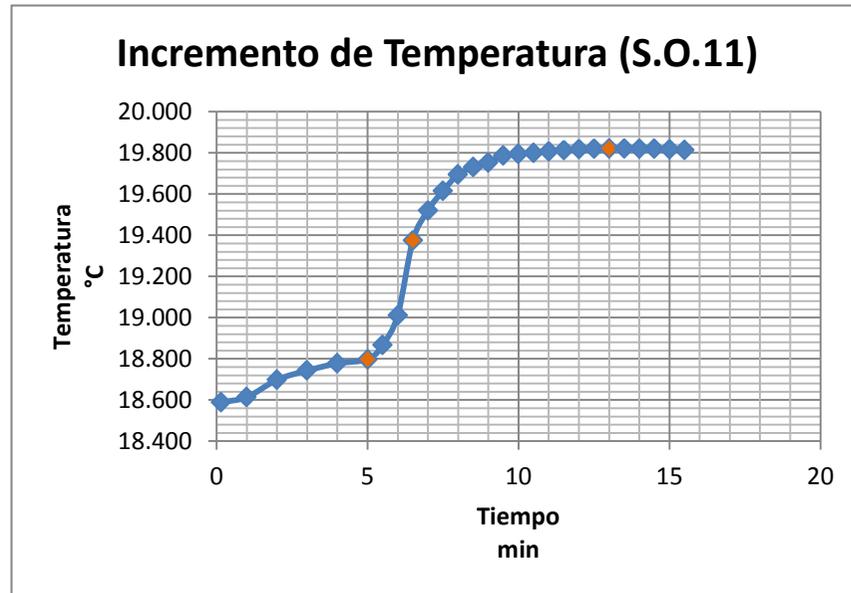


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.O.10	1.0362	22.445	22.827	23.915
			22.463	23.193	23.915
			22.476	23.466	23.913
			22.497	23.638	23.909
			22.586	23.729	23.907
			22.657	23.791	-
			-	23.841	-
			-	23.867	-
			-	23.881	-
			-	23.900	-
			-	23.906	-
			-	23.91	-
			-	23.914	-
			-	23.915	-

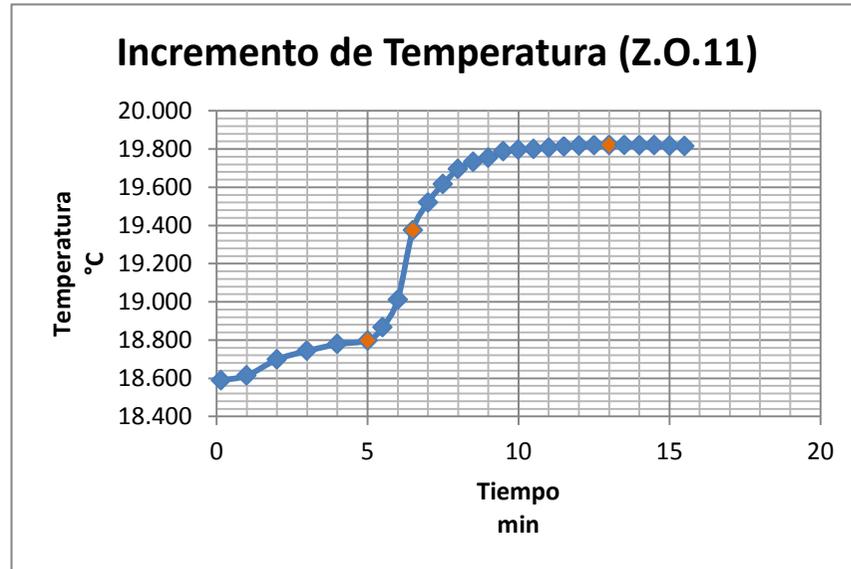


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.O.11	0.9121	18.589	18.867	19.822
			18.614	19.012	19.821
			18.698	19.376	19.82
			18.743	19.521	19.818
			18.778	19.616	19.814
			18.798	19.695	-
			-	19.731	-
			-	19.753	-
			-	19.787	-
			-	19.795	-
			-	19.8	-
			-	19.808	-
			-	19.814	-
			-	19.819	-
-	19.821	-			
-	19.822	-			

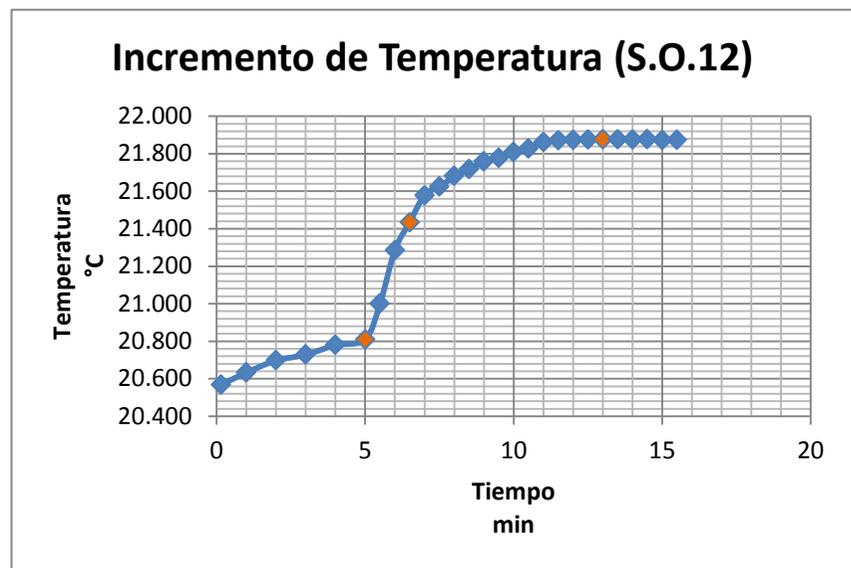


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.O.11	0.9121	18.589	18.867	19.822
			18.614	19.012	19.821
			18.698	19.376	19.82
			18.743	19.521	19.818
			18.778	19.616	19.814
			18.798	19.695	-
			-	19.731	-
			-	19.753	-
			-	19.787	-
			-	19.795	-
			-	19.8	-
			-	19.808	-
			-	19.814	-
			-	19.819	-
			-	19.821	-

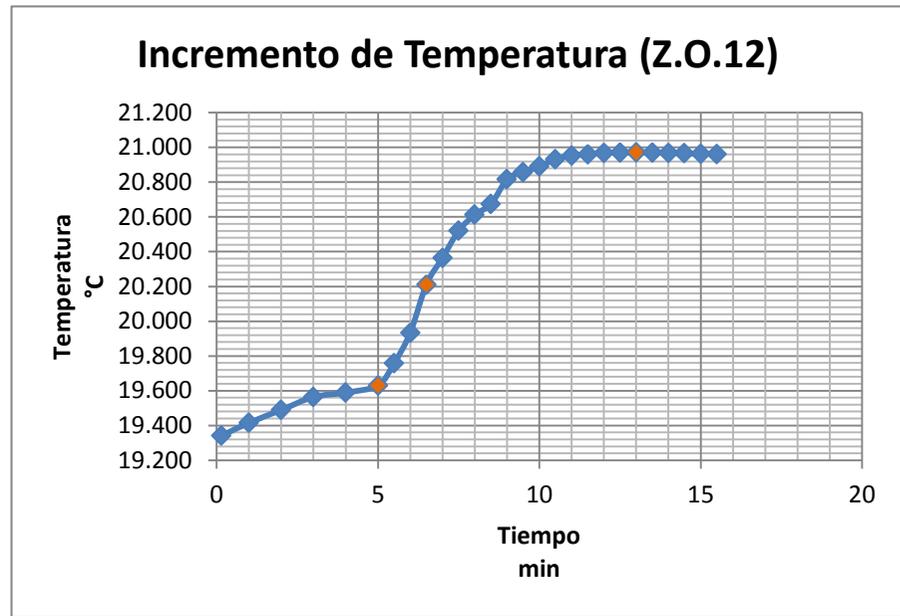


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.O.12	0.9315	20.567	20.999	21.878
			20.633	21.286	21.877
			20.697	21.435	21.876
			20.728	21.579	21.874
			20.779	21.624	21.872
			20.81	21.68	-
			-	21.716	-
			-	21.758	-
			-	21.777	-
			-	21.807	-
			-	21.826	-
			-	21.863	-
			-	21.873	-
			-	21.875	-
			-	21.877	-



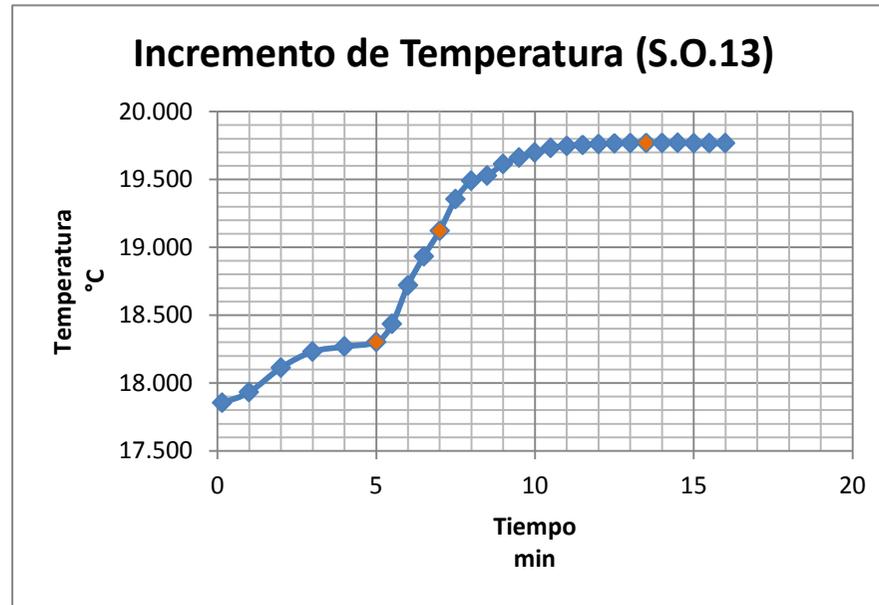
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.O.12	0.9702	19.341	19.758	20.971
			19.415	19.934	20.969
			19.489	20.211	20.966
			19.564	20.365	20.964
			19.589	20.52	20.961
			19.631	20.613	-
			-	20.674	-
			-	20.816	-
			-	20.858	-
			-	20.891	-
			-	20.932	-
			-	20.954	-
			-	20.961	-
			-	20.969	-
			-	20.971	-
			-	20.972	-



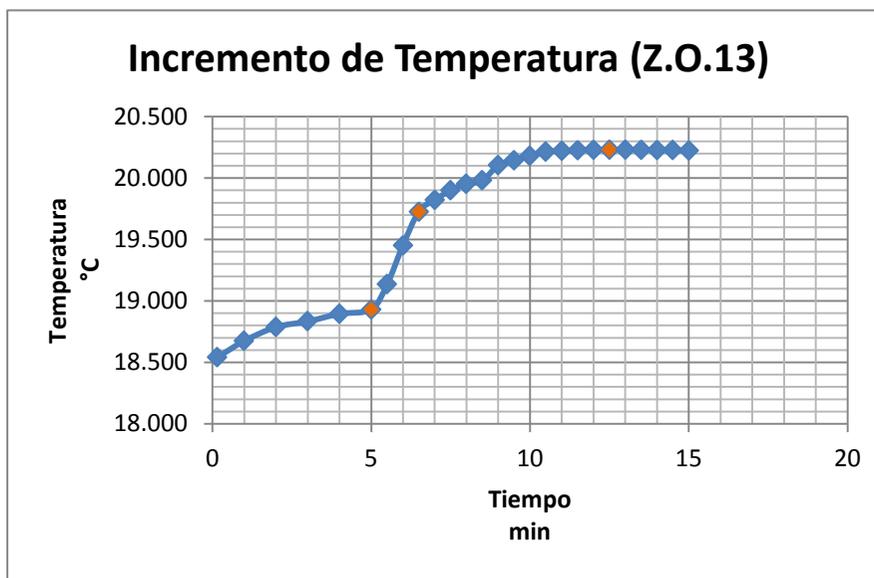
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.O.13	1.031	17.853	18.435	19.77
			17.932	18.721	19.769
			18.113	18.934	19.768
			18.231	19.123	19.767
			18.268	19.354	19.766
			18.303	19.489	-
			-	19.528	-
			-	19.614	-
			-	19.661	-
			-	19.699	-
			-	19.731	-
			-	19.748	-
			-	19.755	-
			-	19.762	-
			-	19.767	-
			-	19.769	-
			-	19.77	-

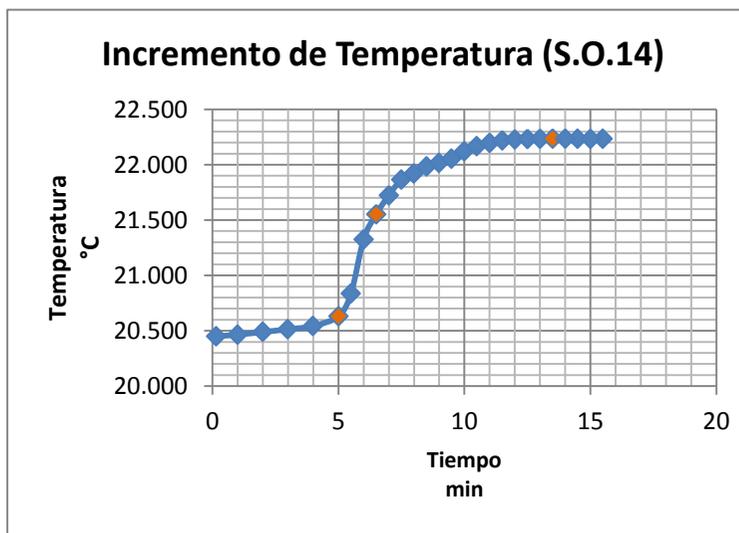


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.O.13	0.9478	18.54	19.134	20.232
			18.674	19.453	20.231
			18.787	19.727	20.229
			18.833	19.823	20.228
			18.895	19.899	20.225
			18.931	19.952	-
			-	19.98	-
			-	20.103	-
			-	20.143	-
			-	20.181	-
			-	20.215	-
			-	20.223	-
			-	20.228	-
			-	20.231	-
-	20.232	-			

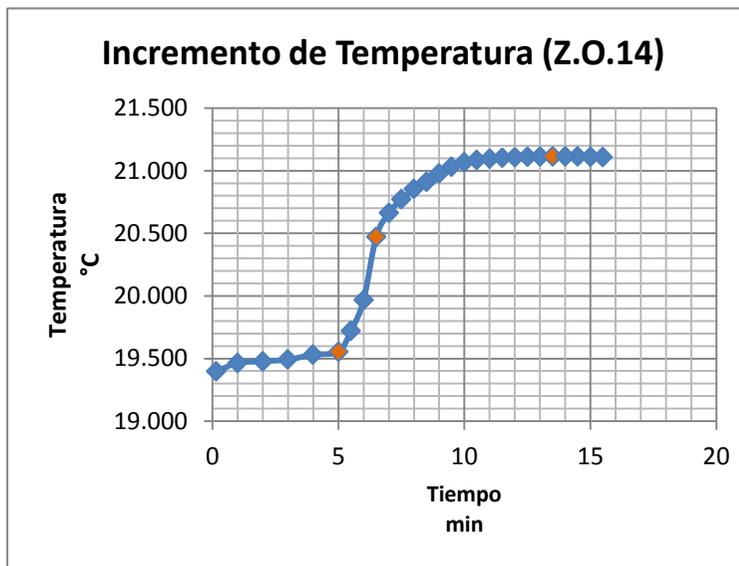


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.O.14	1.0712	20.45	20.837	22.236
			20.465	21.326	22.235
			20.489	21.553	22.234
			20.514	21.724	22.233
			20.543	21.866	-
			20.632	21.92	-
			-	21.983	-
			-	22.015	-
			-	22.055	-
			-	22.121	-
			-	22.167	-
			-	22.198	-
			-	22.22	-
			-	22.229	-
			-	22.233	-
			-	22.235	-
-	22.236	-			

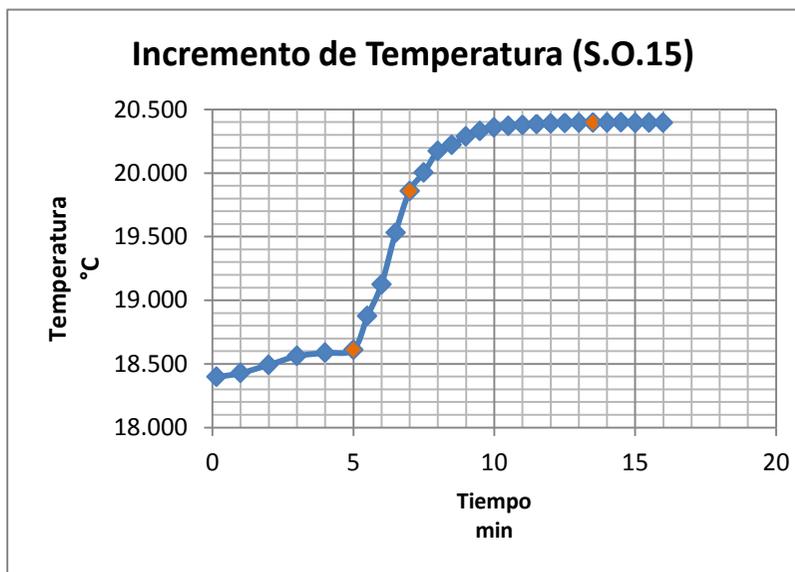


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.O.14	0.9964	19.396	19.72	21.115
			19.465	19.968	21.114
			19.478	20.473	21.112
			19.492	20.664	21.109
			19.531	20.771	-
			19.555	20.853	-
			-	20.911	-
			-	20.978	-
			-	21.032	-
			-	21.066	-
			-	21.084	-
			-	21.097	-
			-	21.104	-
			-	21.108	-
			-	21.112	-
			-	21.114	-
-	21.115	-			

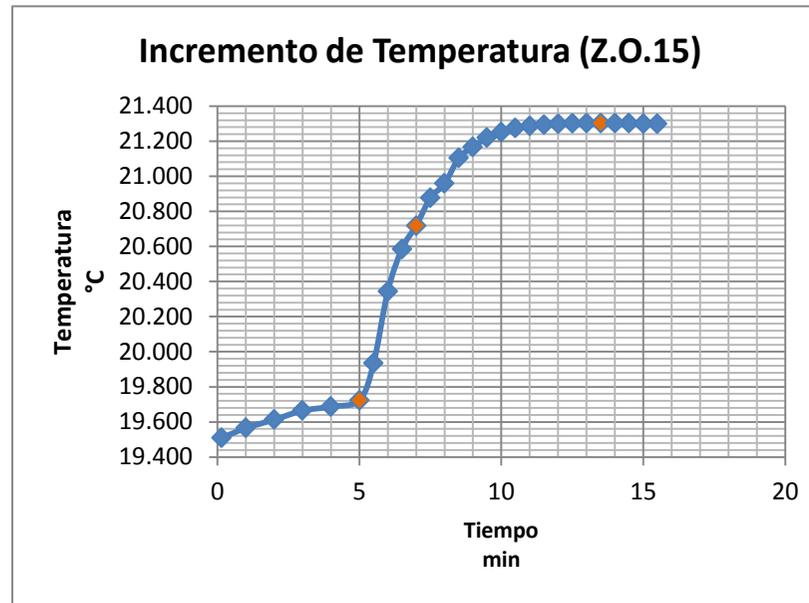


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.O.15	1.0675	18.396	18.874	20.398
			18.428	19.126	20.397
			18.492	19.533	20.396
			18.561	19.86	20.395
			18.587	20.003	20.394
			18.612	20.172	-
			-	20.221	-
			-	20.287	-
			-	20.329	-
			-	20.357	-
			-	20.37	-
			-	20.379	-
			-	20.386	-
			-	20.391	-
			-	20.395	-
			-	20.397	-
-	20.398	-			



CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

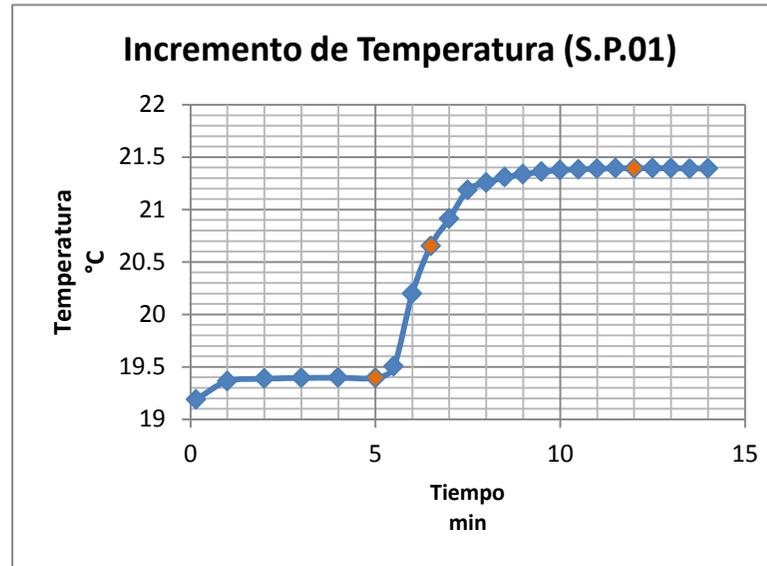
Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.O.15	0.9897	19.509	19.933	21.304
			19.565	20.345	21.304
			19.613	20.586	21.302
			19.664	20.719	21.301
			19.687	20.876	21.298
			19.724	20.958	-
			-	21.103	-
			-	21.167	-
			-	21.22	-
			-	21.251	-
			-	21.274	-
			-	21.288	-
			-	21.295	-
			-	21.3	-
			-	21.303	-
-	21.304	-			



CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

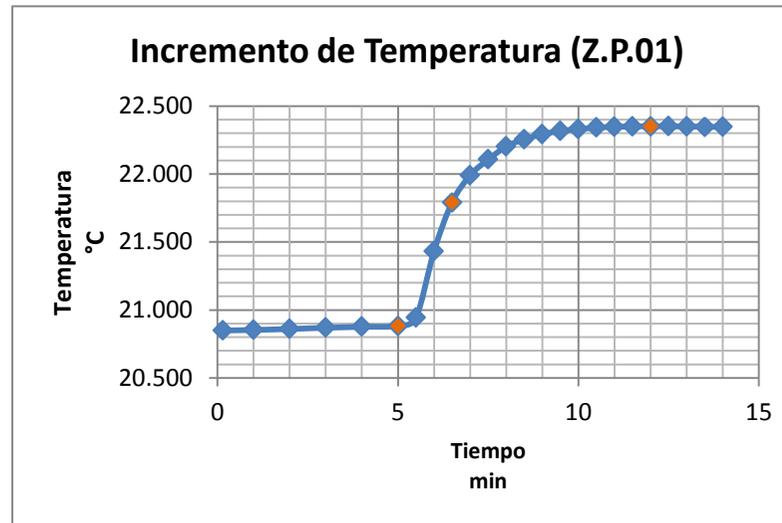
- Registro de Temperatura durante el análisis de Papel y Cartón (tablas y gráficos elaborados por Inés Ayala)

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.P.01	1.063	19.189	19.503	21.394
			19.363	20.198	21.394
			19.386	20.655	21.392
			19.394	20.912	21.392
			19.396	21.186	-
			19.396	21.255	-
			-	21.307	-
			-	21.337	-
			-	21.359	-
			-	21.375	-
			-	21.383	-
			-	21.389	-
			-	21.393	-
			-	21.394	-

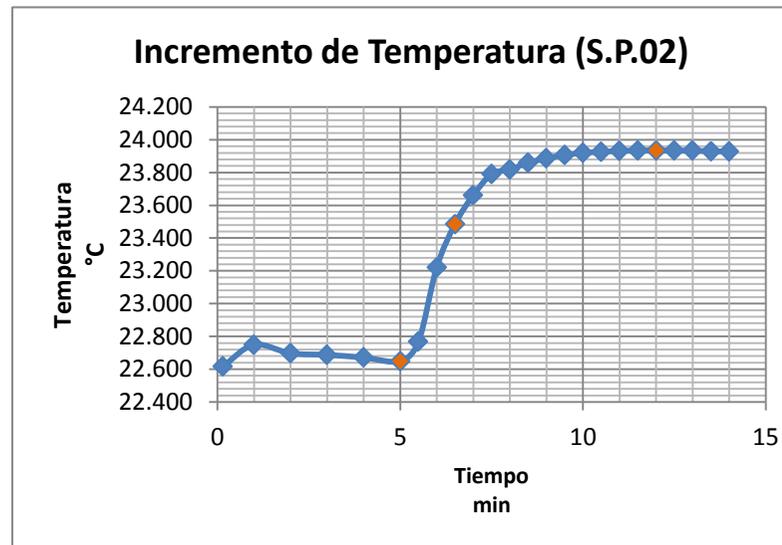


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.P.01	1.0279	21.663	21.631	23.434
			21.693	21.744	23.43
			21.666	22.371	23.428
			21.65	22.775	23.419
			21.639	23.068	-
			21.631	23.156	-
			-	23.264	-
			-	23.37	-
			-	23.403	-
			-	23.417	-
			-	23.427	-
			-	23.435	-
-	23.438	-			

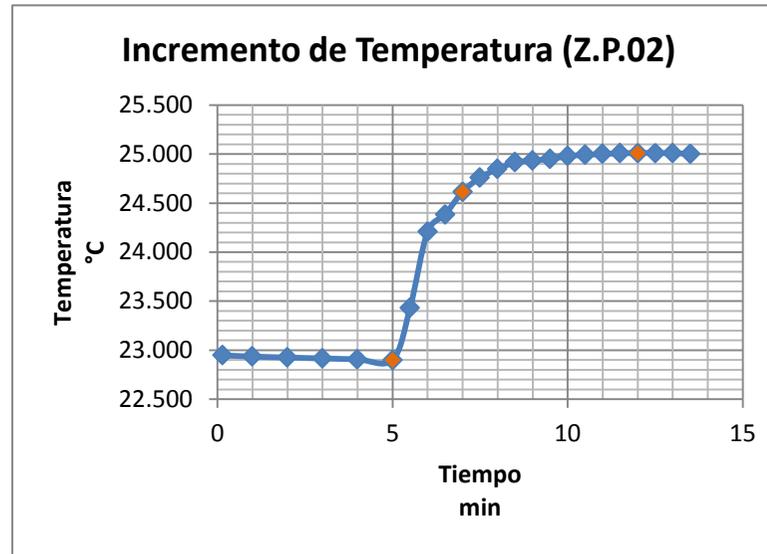


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.P.02	0.9286	22.617	22.768	23.934
			22.749	23.222	23.933
			22.697	23.486	23.93
			22.687	23.662	23.928
			22.671	23.79	-
			22.649	23.818	-
			-	23.86	-
			-	23.886	-
			-	23.907	-
			-	23.92	-
			-	23.926	-
			-	23.932	-
			-	23.934	-
-	23.935	-			

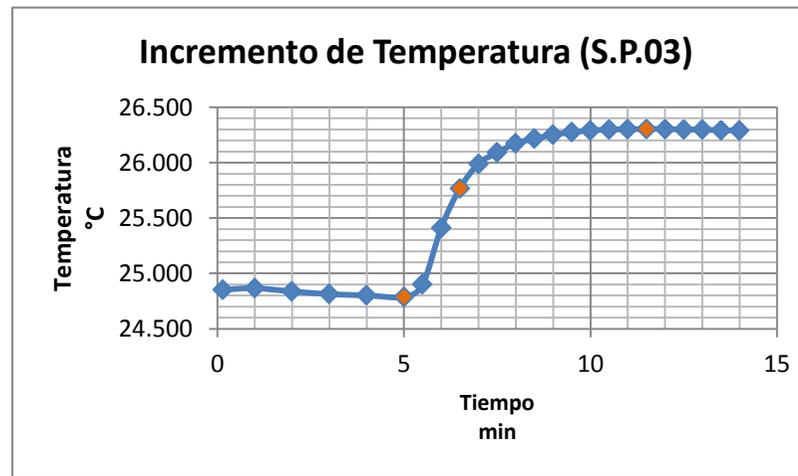


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.P.02	1.0477	22.947	23.431	25.011
			22.935	24.211	25.009
			22.925	24.385	25.004
			22.916	24.616	25.002
			22.907	24.760	-
			22.900	24.849	-
			-	24.916	-
			-	24.934	-
			-	24.951	-
			-	24.979	-
			-	24.993	-
			-	25.001	-
			-	25.008	-
			-	25.011	-

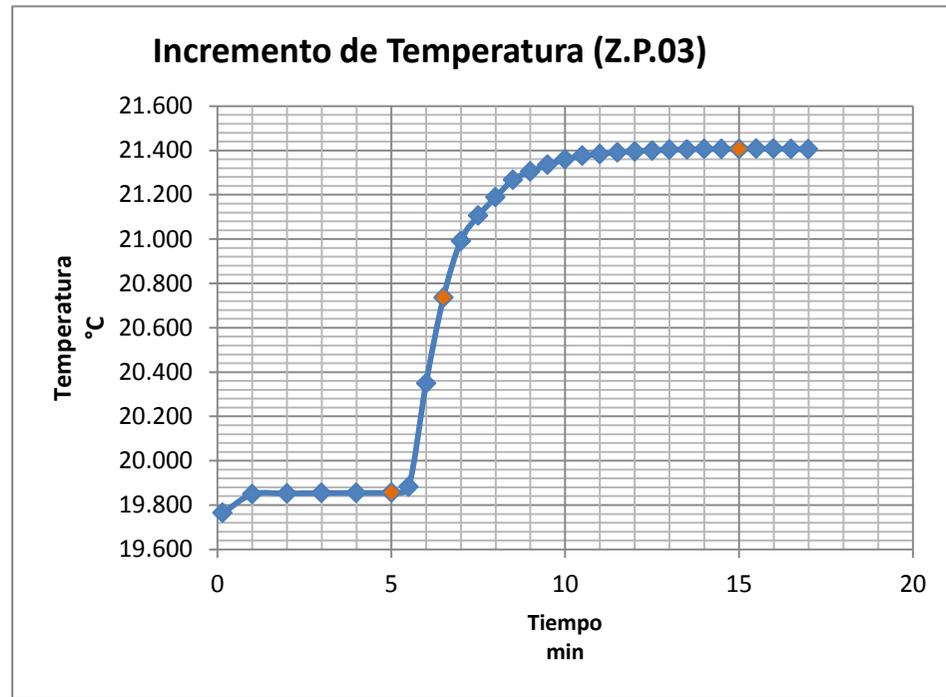


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.P.03	1.0203	24.853	24.901	26.303
			24.866	25.412	26.300
			24.837	25.768	26.297
			24.813	25.989	26.293
			24.801	26.091	26.289
			24.788	26.174	-
			-	26.217	-
			-	26.251	-
			-	26.275	-
			-	26.29	-
			-	26.299	-
			-	26.302	-
			-	26.304	-



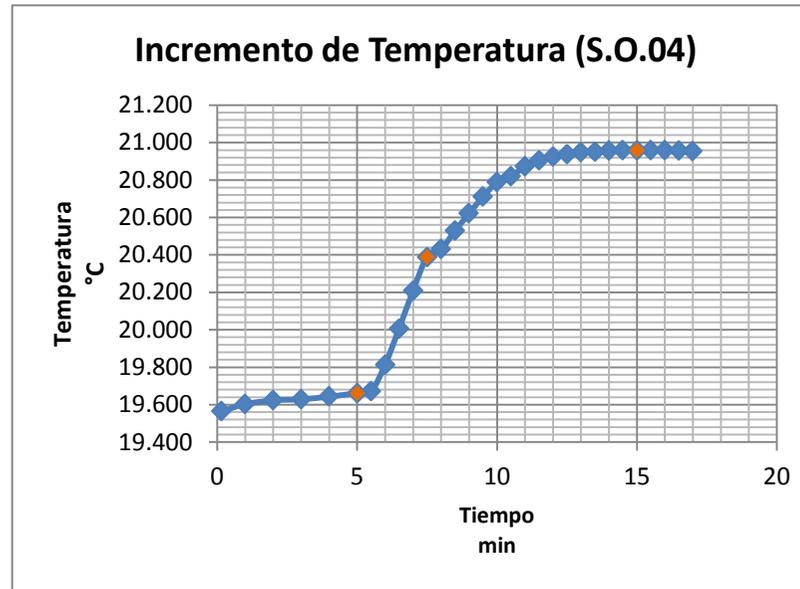
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.P.03	1.0423	19.764	19.882	21.407
			19.848	20.35	21.407
			19.852	20.737	21.406
			19.854	20.992	21.405
			19.855	21.105	-
			19.857	21.189	-
			-	21.267	-
			-	21.305	-
			-	21.335	-
			-	21.359	-
			-	21.375	-
			-	21.383	-
			-	21.392	-
			-	21.396	-
			-	21.400	-
			-	21.403	-
			-	21.405	-
			-	21.406	-
-	21.406	-			
-	21.407	-			

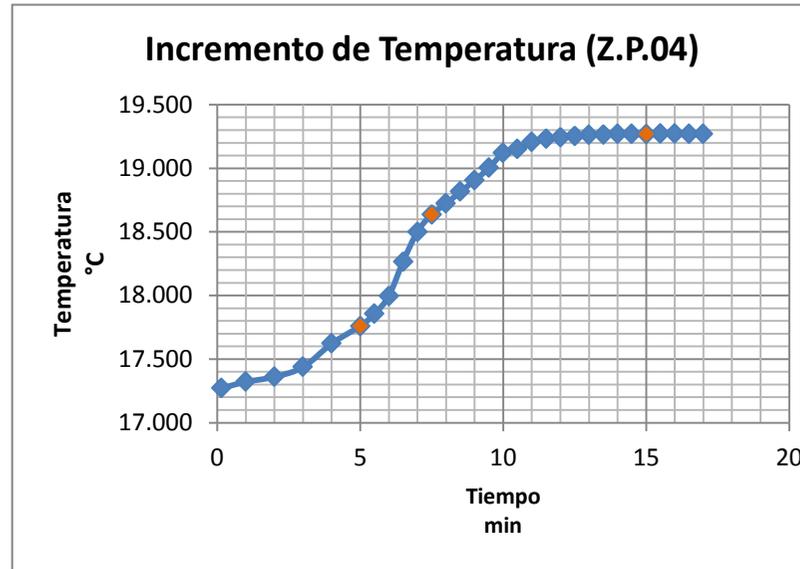


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.P.04	0.9998	19.564	19.672	20.959
			19.603	19.814	20.958
			19.623	20.007	20.956
			19.629	20.21	20.954
			19.643	20.389	-
			19.662	20.43	-
			-	20.529	-
			-	20.621	-
			-	20.711	-
			-	20.788	-
			-	20.82	-
			-	20.873	-
			-	20.906	-
			-	20.926	-
			-	20.939	-
			-	20.948	-
			-	20.952	-
-	20.956	-			
-	20.958	-			
-	20.959	-			

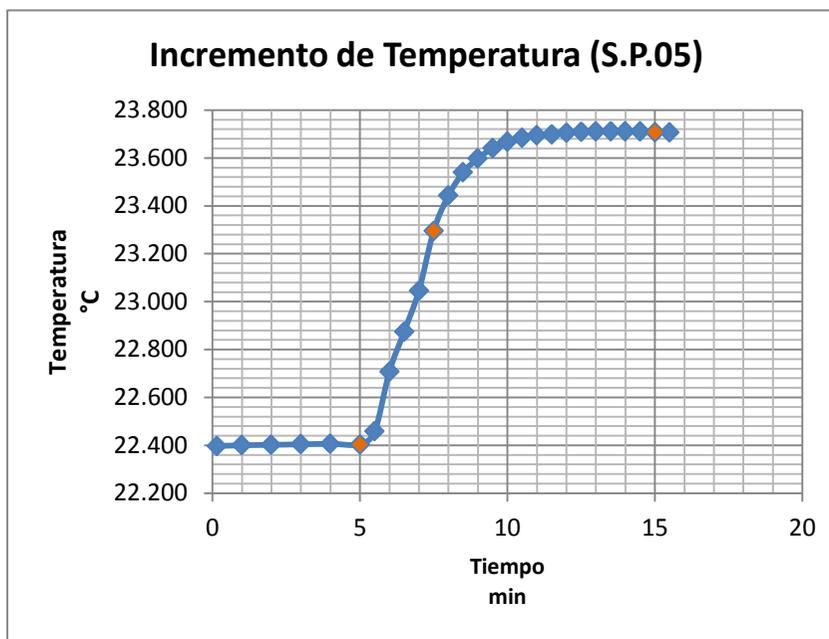


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.P.04	0.9772	17.271	17.855	19.270
			17.321	17.997	19.270
			17.36	18.267	19.269
			17.437	18.501	19.268
			17.622	18.638	-
			17.76	18.721	-
			-	18.815	-
			-	18.904	-
			-	19.003	-
			-	19.119	-
			-	19.15	-
			-	19.204	-
			-	19.234	-
			-	19.245	-
			-	19.255	-
			-	19.261	-
			-	19.266	-
-	19.268	-			
-	19.269	-			
-	19.27	-			

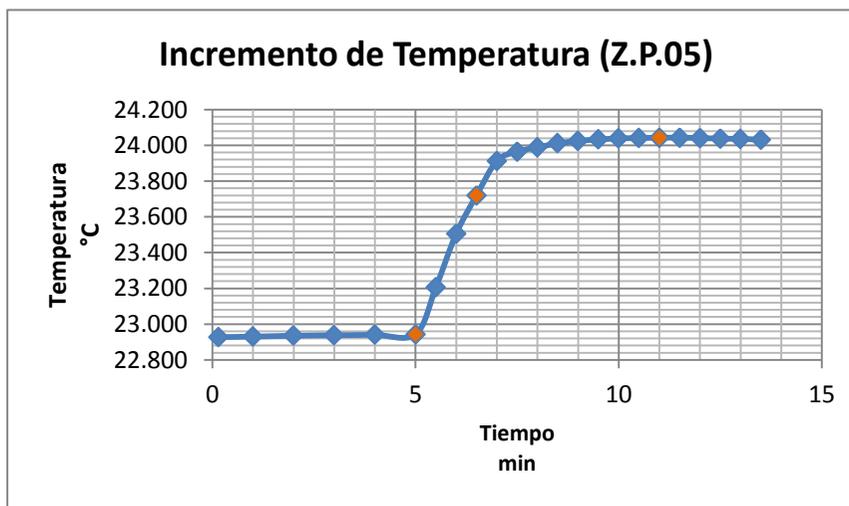


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.P.05	0.9761	22.397	22.458	23.711
			22.400	22.708	23.71
			22.402	22.875	23.708
			22.404	23.046	23.706
			22.406	23.296	-
			22.404	23.443	-
			-	23.54	-
			-	23.598	-
			-	23.641	-
			-	23.667	-
			-	23.684	-
			-	23.695	-
			-	23.699	-
			-	23.706	-
-	23.71	-			
-	23.711	-			
-	23.712	-			

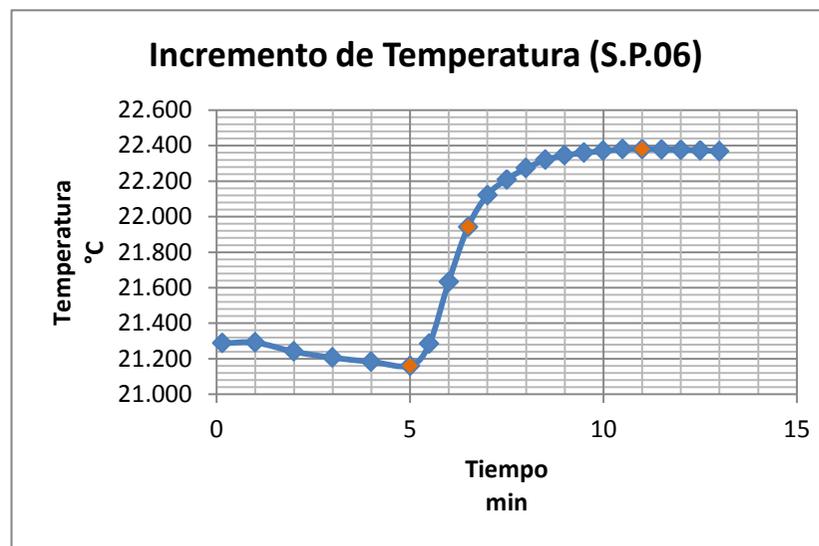


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.P.05	0.9349	22.927	23.206	24.043
			22.93	23.506	24.041
			22.935	23.72	24.038
			22.938	23.913	24.036
			22.940	23.965	24.032
			22.943	23.989	-
			-	24.011	-
			-	24.025	-
			-	24.033	-
			-	24.039	-
			-	24.041	-
			-	24.043	-
			-	-	-
			-	-	-

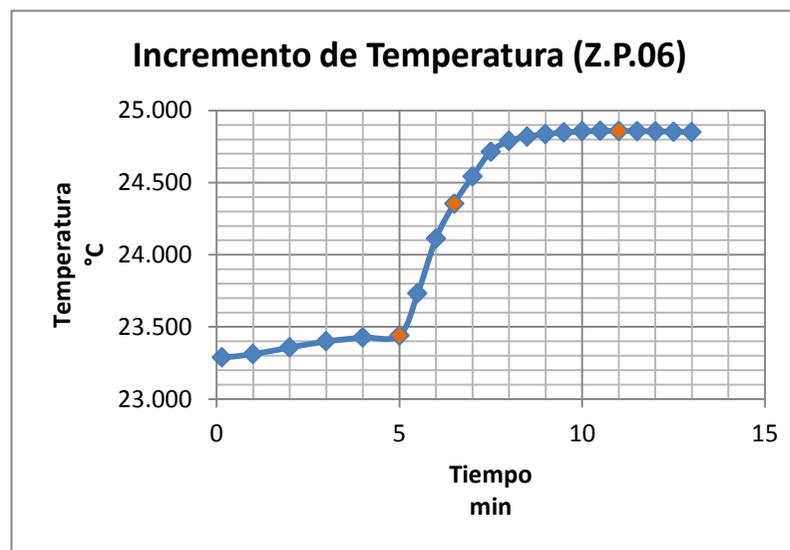


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.P.06	0.9879	21.287	21.284	22.379
			21.291	21.634	22.377
			21.24	21.943	22.374
			21.206	22.122	22.368
			21.183	22.21	-
			21.161	22.273	-
			-	22.32	-
			-	22.345	-
			-	22.359	-
			-	22.37	-
			-	22.379	-
			-	22.381	-

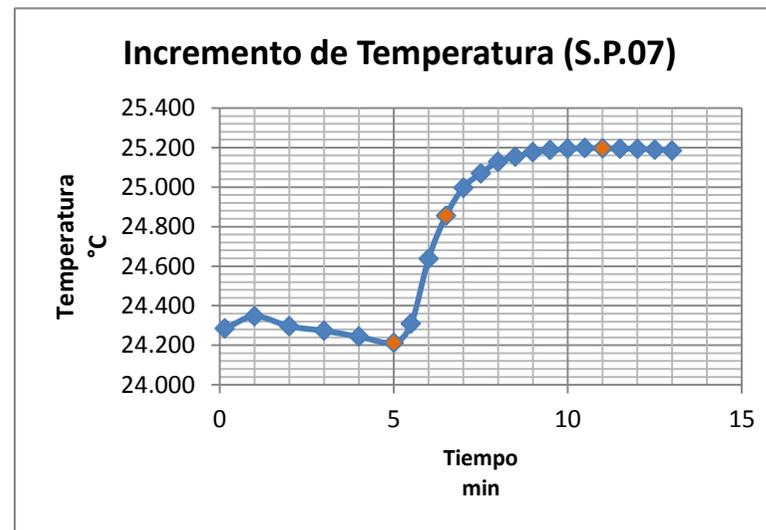


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.P.06	0.9780	23.287	23.731	24.859
			23.311	24.113	24.858
			23.357	24.355	24.856
			23.399	24.544	24.854
			23.426	24.715	24.85
			23.441	24.789	-
			-	24.819	-
			-	24.836	-
			-	24.848	-
			-	24.855	-
			-	24.859	-



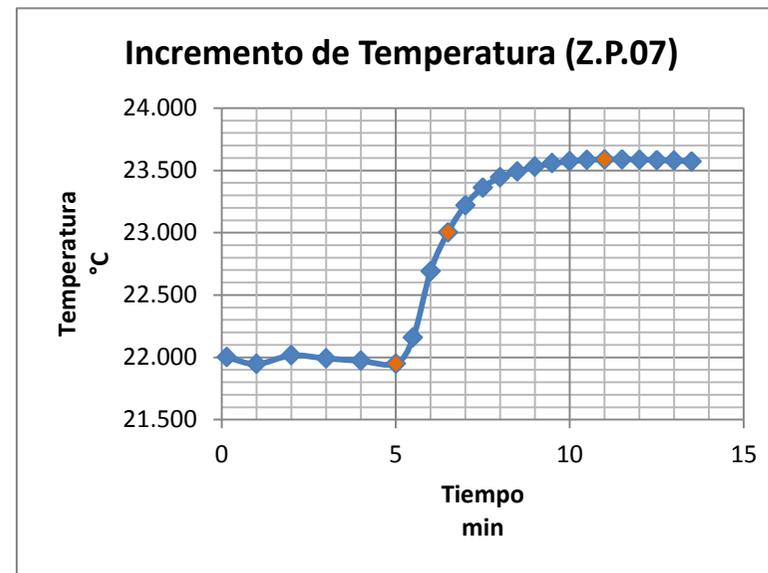
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.P.07	0.9171	24.284	24.309	25.197
			24.347	24.638	25.195
			24.296	24.856	25.194
			24.273	24.997	25.19
			24.243	25.07	25.185
			24.213	25.128	-
			-	25.154	-
			-	25.176	-
			-	25.187	-
			-	25.194	-
			-	25.197	-

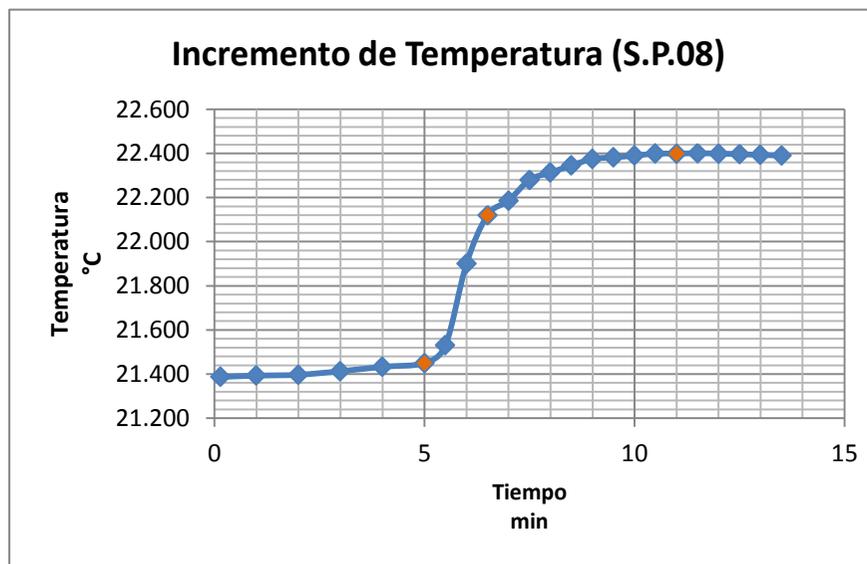


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.P.07	0.9427	21.999	22.158	23.589
			21.946	22.692	23.587
			22.015	23.004	23.583
			21.991	23.221	23.578
			21.971	23.363	23.573
			21.95	23.444	-
			-	23.491	-
			-	23.528	-
			-	23.556	-
			-	23.572	-
			-	23.583	-
			-	23.589	-

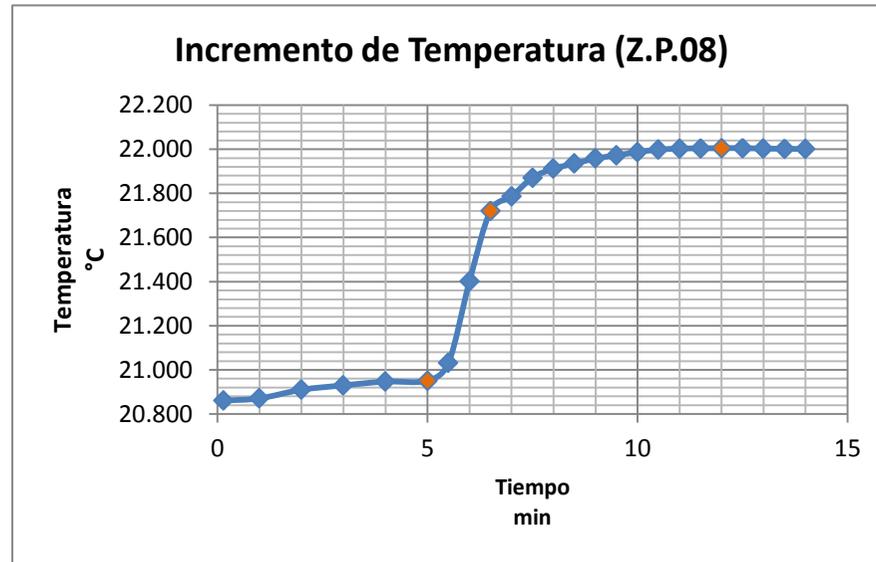


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.P.08	0.9519	21.387	21.531	22.399
			21.393	21.901	22.397
			21.397	22.12	22.393
			21.413	22.186	22.391
			21.433	22.28	-
			21.45	22.313	-
			-	22.346	-
			-	22.375	-
			-	22.382	-
			-	22.39	-
			-	22.399	-
			-	22.401	-

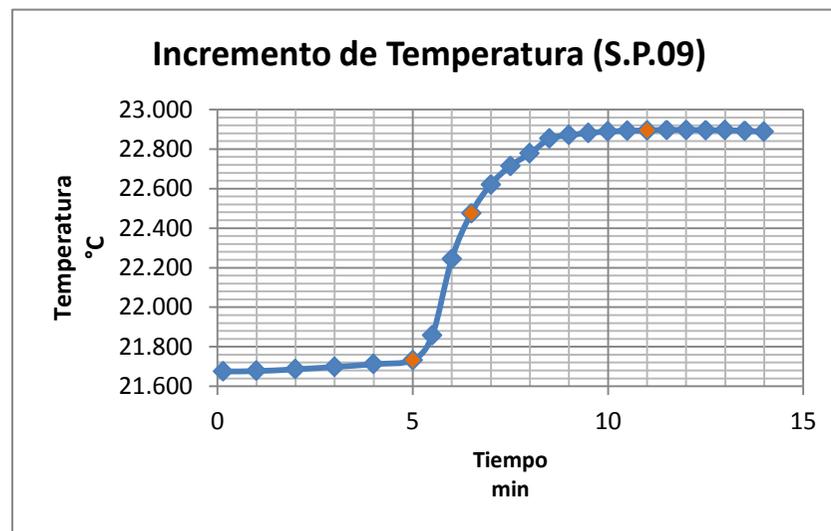


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.P.08	1.0927	20.861	21.032	22.005
			20.871	21.402	22.003
			20.91	21.721	22.002
			20.93	21.787	22.001
			20.947	21.871	-
			20.951	21.912	-
			-	21.935	-
			-	21.958	-
			-	21.972	-
			-	21.987	-
			-	21.998	-
			-	22.003	-
			-	22.004	-
-	22.005	-			

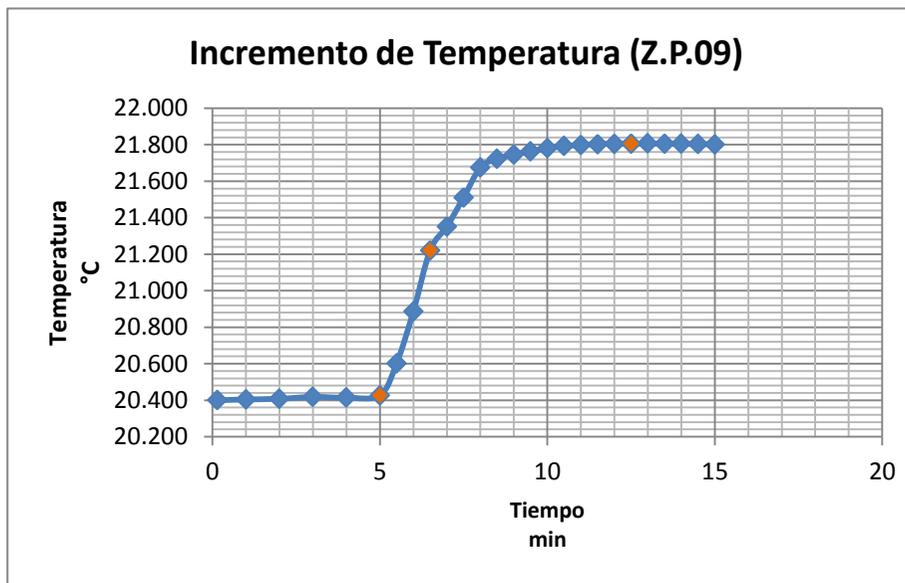


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.P.09	1.0646	21.675	21.857	22.897
			21.677	22.245	22.896
			21.686	22.476	22.895
			21.698	22.621	22.893
			21.712	22.715	22.887
			21.733	22.777	-
			-	22.852	-
			-	22.87	-
			-	22.881	-
			-	22.889	-
			-	22.892	-
			-	22.895	-
			-	22.897	-

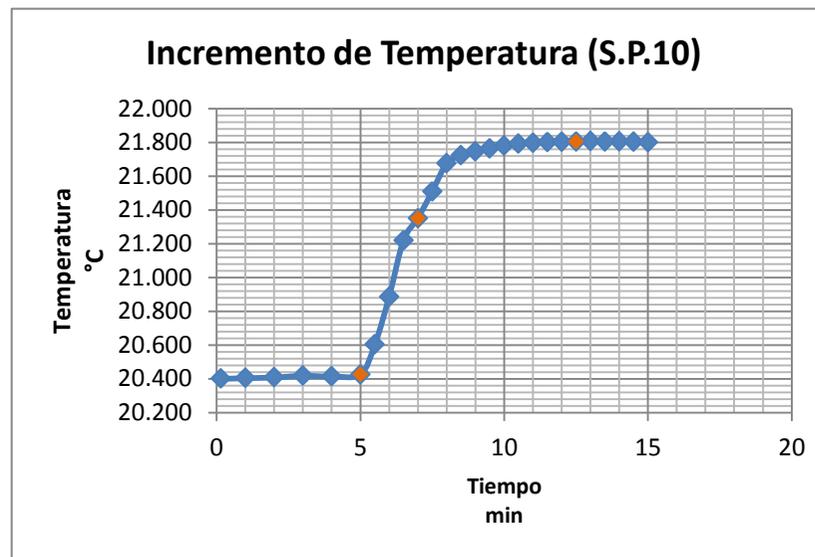


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.P.09	0.9727	20.400	20.602	21.806
			20.404	20.887	21.806
			20.408	21.221	21.805
			20.418	21.352	21.803
			20.414	21.511	21.802
			20.427	21.675	-
			-	21.723	-
			-	21.746	-
			-	21.763	-
			-	21.78	-
			-	21.792	-
			-	21.799	-
			-	21.803	-
			-	21.805	-
			21.806	-	

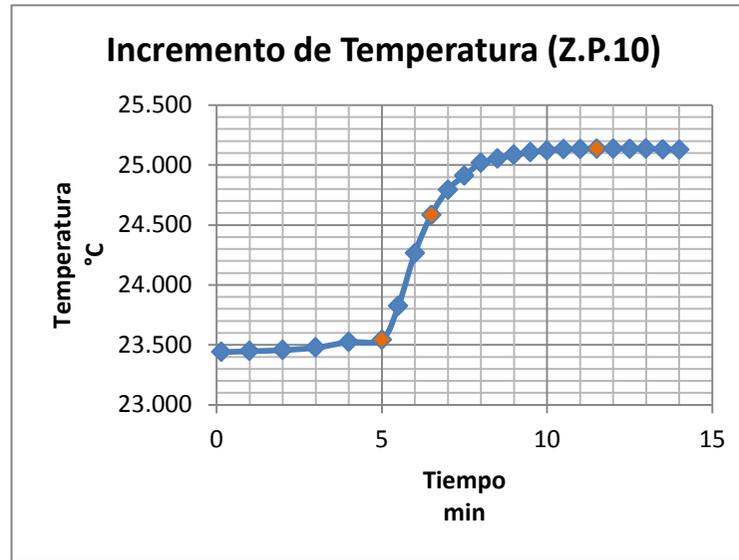


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.P.10	1.0823	19.954	20.386	21.814
			19.967	20.766	21.813
			19.99	20.998	21.811
			20.023	21.167	21.809
			20.184	21.324	21.806
			20.229	21.413	-
			-	21.666	-
			-	21.702	-
			-	21.743	-
			-	21.769	-
			-	21.788	-
			-	21.797	-
			-	21.81	-
			-	21.814	-
			21.815	-	



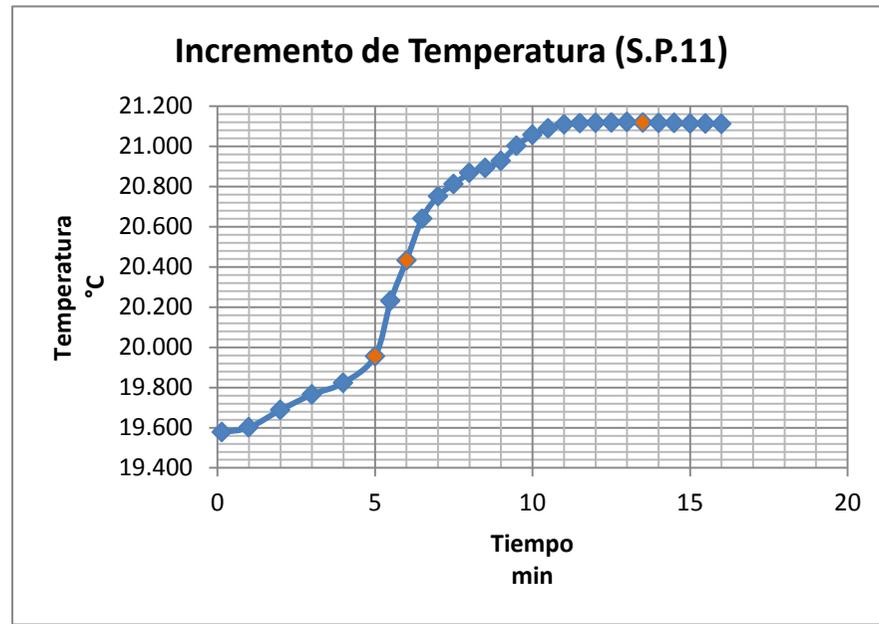
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.P.10	1.0378	23.44	23.825	25.138
			23.447	24.267	25.137
			23.456	24.586	25.136
			23.477	24.795	25.132
			23.523	24.912	25.13
			23.544	25.017	-
			-	25.053	-
			-	25.084	-
			-	25.106	-
			-	25.12	-
			-	25.13	-
			-	25.135	-
			-	25.138	-

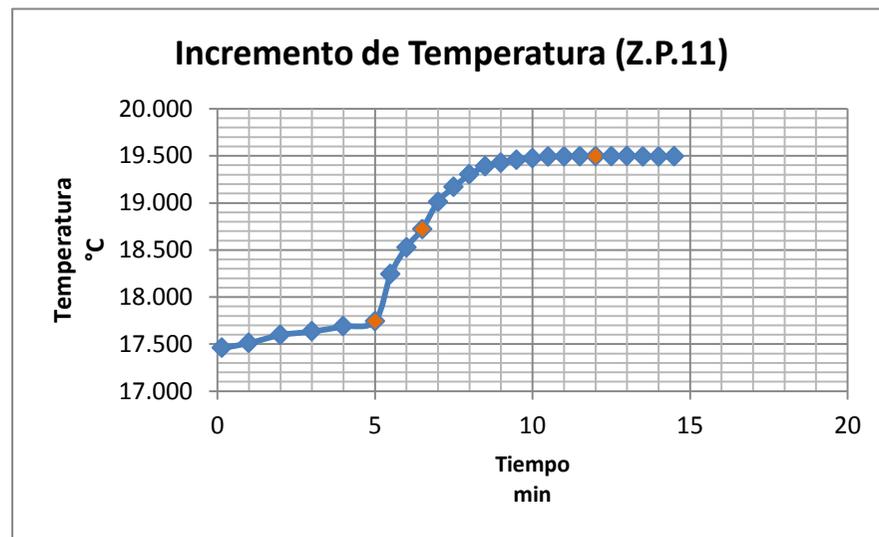


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.P.11	0.9231	19.577	20.231	21.117
			19.601	20.433	21.116
			19.688	20.641	21.114
			19.765	20.752	21.113
			19.823	20.811	21.111
			19.956	20.867	-
			-	20.891	-
			-	20.927	-
			-	21.003	-
			-	21.057	-
			-	21.089	-
			-	21.11	-
			-	21.116	-
			-	21.118	-
			-	21.119	-

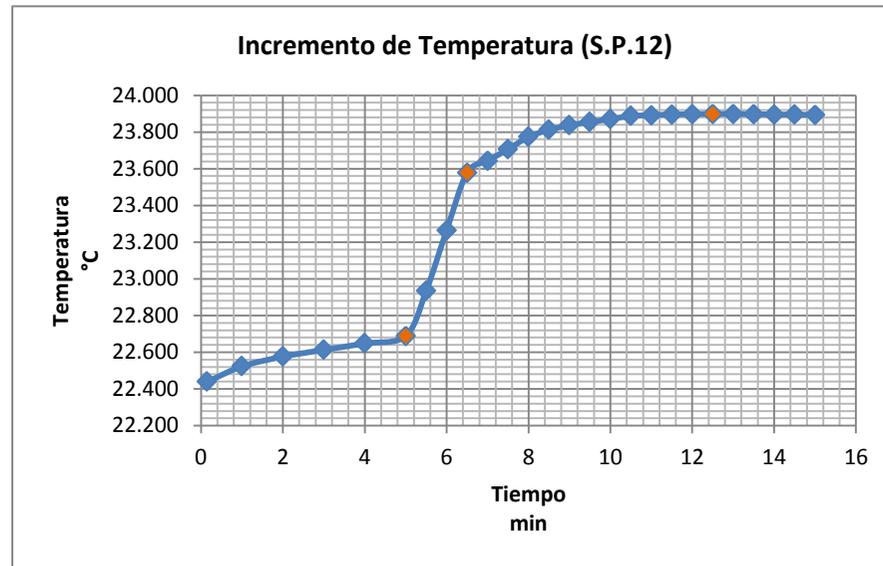


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.P.11	1.0307	17.458	18.241	19.498
			17.511	18.529	19.497
			17.596	18.723	19.495
			17.634	19.013	19.494
			17.687	19.167	19.491
			17.745	19.301	-
			-	19.386	-
			-	19.423	-
			-	19.454	-
			-	19.471	-
			-	19.488	-
			-	19.495	-
			-	19.497	-
			-	19.498	-



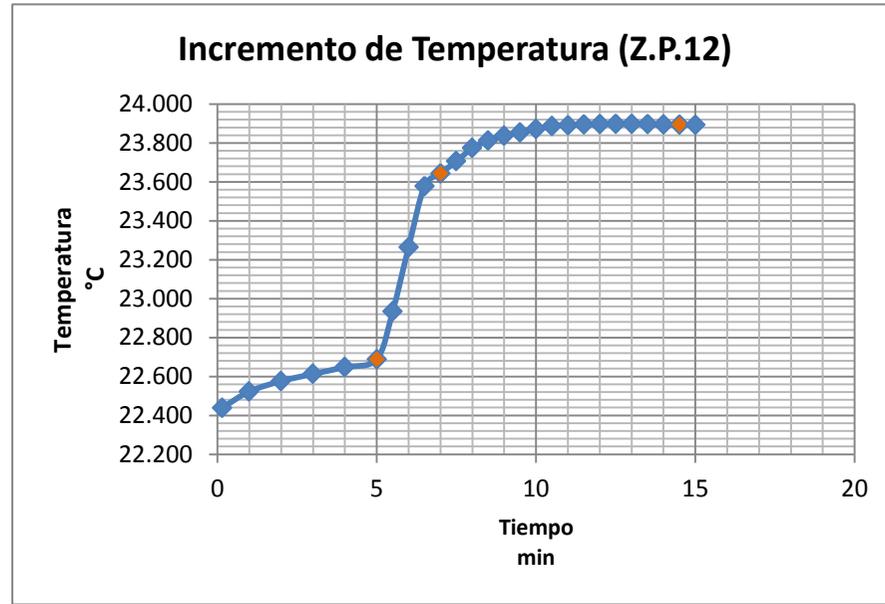
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.P.12	0.9310	22.439	22.934	23.899
			22.523	23.265	23.898
			22.576	23.579	23.896
			22.613	23.644	23.895
			22.648	23.706	23.894
			22.689	23.774	-
			-	23.812	-
			-	23.837	-
			-	23.854	-
			-	23.871	-
			-	23.887	-
			-	23.892	-
			-	23.896	-
			-	23.898	-
-	23.899	-			



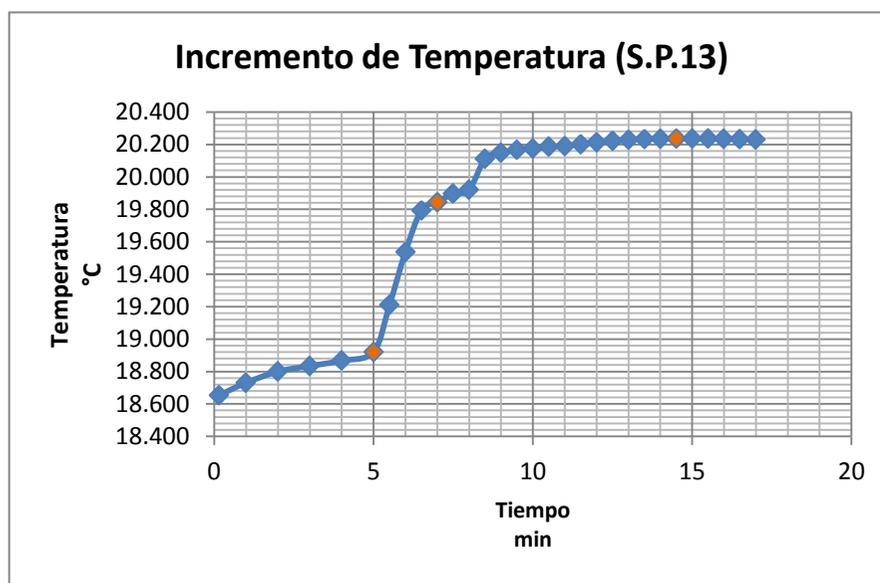
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.P.12	1.023	17.643	18.101	19.448
			17.721	18.435	19.447
			17.805	18.648	19.446
			17.856	18.82	19.445
			17.887	18.917	19.444
			17.896	18.975	-
			-	19.032	-
			-	19.328	-
			-	19.451	-
			-	19.566	-
			-	19.602	-
			-	19.634	-
			-	19.715	-
			-	19.727	-
			-	19.734	-
			-	19.44	-
			-	19.445	-
-	19.447	-			
-	19.448	-			

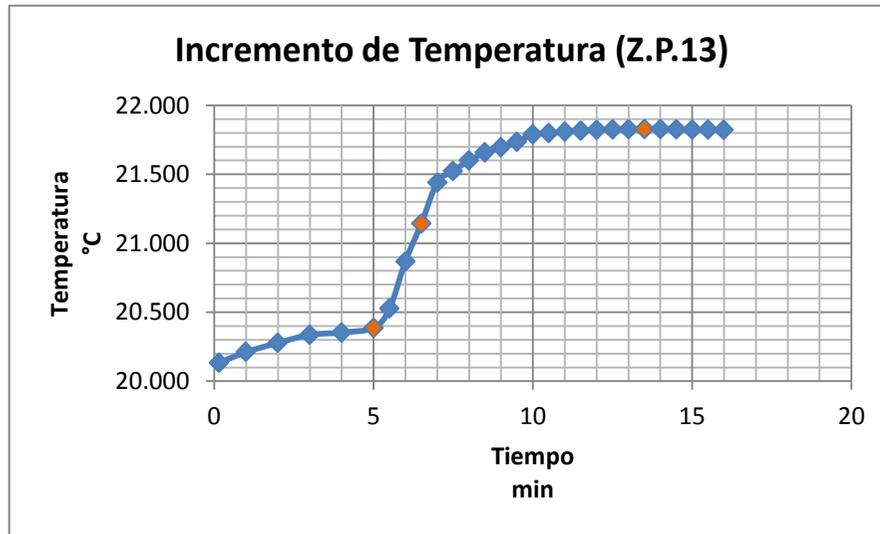


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.P.13	1.023	18.654	19.21	20.237
			18.731	19.538	20.236
			18.8	19.794	20.235
			18.834	19.845	20.233
			18.867	19.897	20.231
			18.921	19.921	-
			-	20.111	-
			-	20.148	-
			-	20.167	-
			-	20.175	-
			-	20.186	-
			-	20.191	-
			-	20.202	-
			-	20.214	-
			-	20.223	-
			-	20.23	-
			-	20.234	-
-	20.236	-			
-	20.237	-			

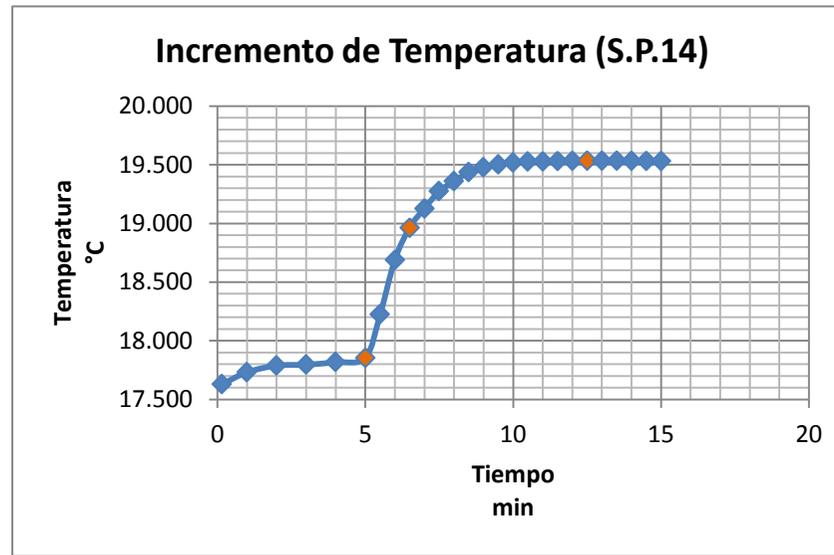


Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.P.13	0.9845	20.1338	20.526	21.829
			20.211	20.869	21.827
			20.278	21.144	21.825
			20.336	21.441	21.824
			20.353	21.524	21.822
			20.387	21.599	-
			-	21.658	-
			-	21.695	-
			-	21.734	-
			-	21.788	-
			-	21.797	-
			-	21.81	-
			-	21.817	-
			-	21.823	-
			-	21.826	-
			-	21.828	-
			-	21.829	-



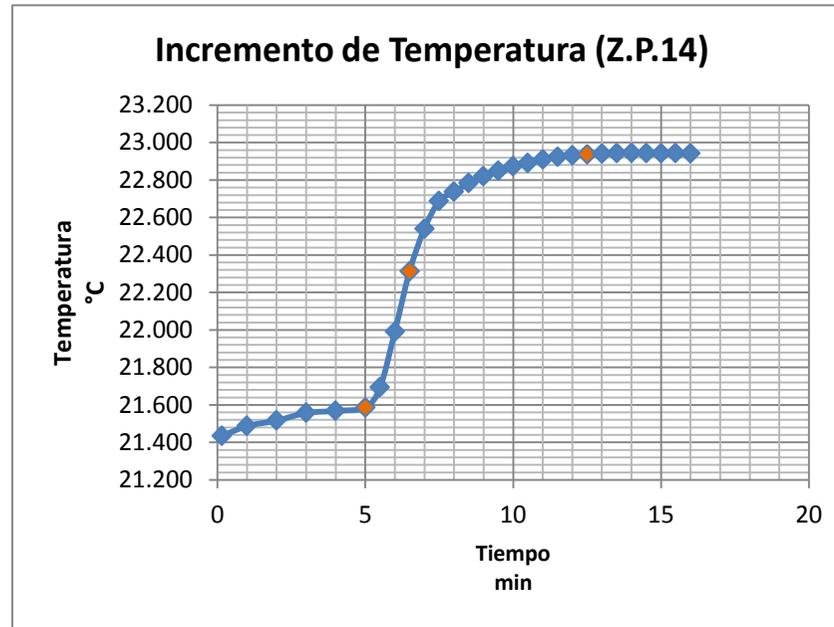
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.P.14	1.0428	17.629	18.223	19.536
			17.731	18.69	19.536
			17.788	18.964	19.535
			17.796	19.128	19.534
			17.817	19.274	19.533
			17.855	19.359	-
			-	19.435	-
			-	19.478	-
			-	19.503	-
			-	19.519	-
			-	19.526	-
			-	19.53	-
			-	19.533	-
			-	19.535	-
			-	19.536	-



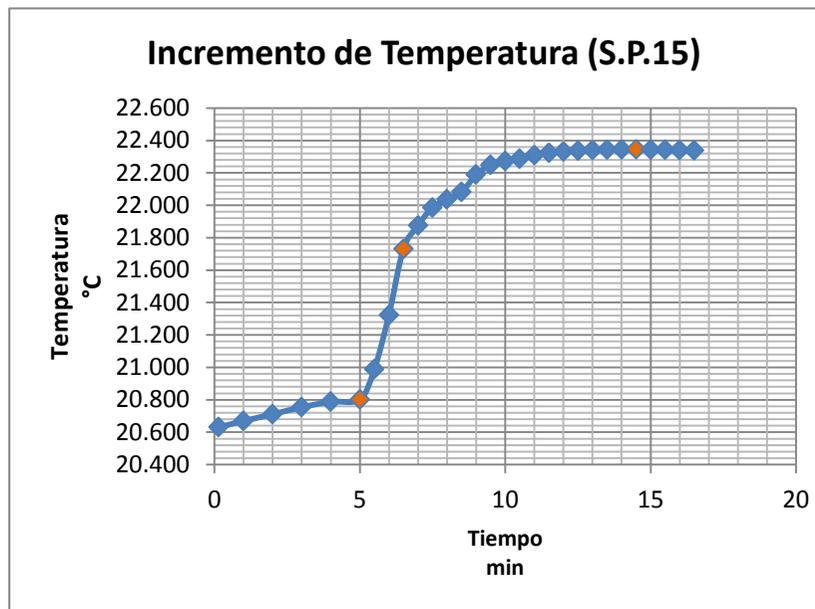
CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.P.14	1.1300	21.434	21.693	22.945
			21.487	21.992	22.944
			21.516	22.314	22.943
			21.557	22.541	22.941
			21.568	22.688	-
			21.587	22.737	-
			-	22.783	-
			-	22.819	-
			-	22.849	-
			-	22.873	-
			-	22.89	-
			-	22.911	-
			-	22.925	-
			-	22.933	-
			-	22.938	-
			-	22.942	-
			-	22.945	-
-	22.946	-			

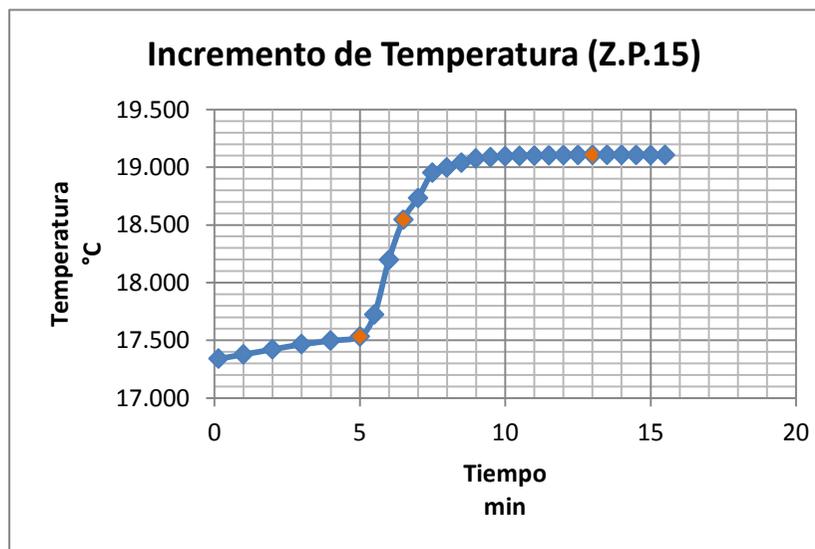


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	S.P.15	1.0738	20.631	20.989	22.345
			20.669	21.324	22.343
			20.711	21.732	22.341
			20.754	21.877	22.338
			20.788	21.986	-
			20.803	22.037	-
			-	22.083	-
			-	22.189	-
			-	22.249	-
			-	22.273	-
			-	22.288	-
			-	22.311	-
			-	22.325	-
			-	22.333	-
			-	22.338	-
			-	22.342	-
-	22.345	-			
-	22.346	-			
-	22.347	-			



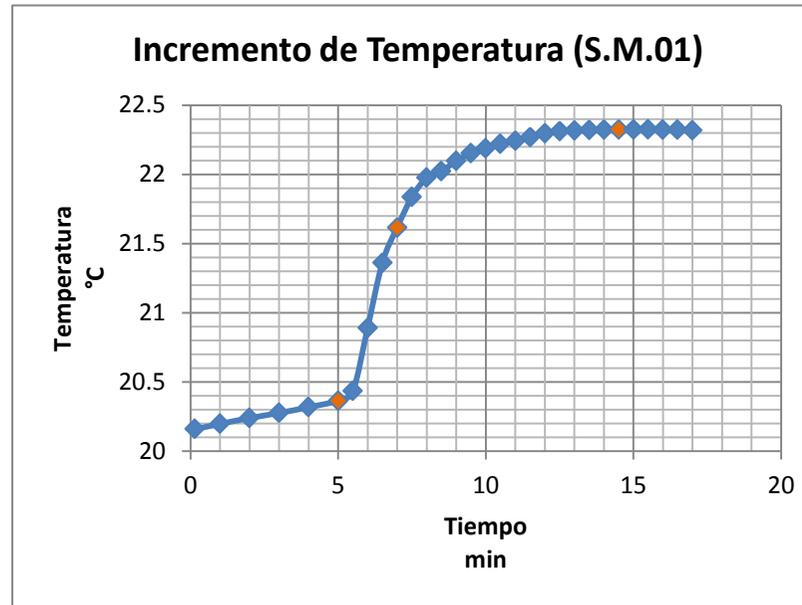
Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.P.15	1.0867	17.34	17.723	19.108
			17.377	18.198	19.108
			17.421	18.547	19.107
			17.465	18.734	19.106
			17.496	18.952	19.105
			17.534	18.996	-
			-	19.039	-
			-	19.074	-
			-	19.087	-
			-	19.093	-
			-	19.097	-
			-	19.101	-
			-	19.104	-
			-	19.106	-
			-	19.107	-
			-	19.108	-



CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

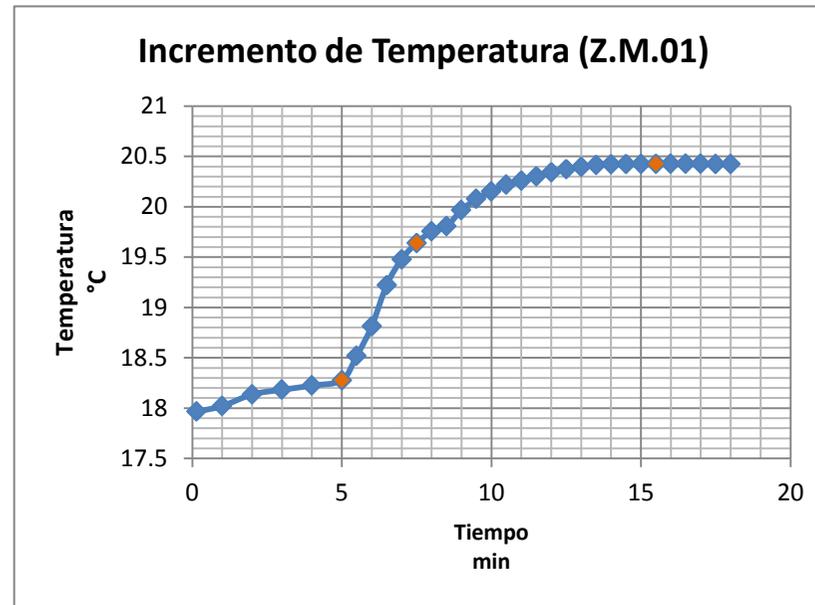
- Registro de Temperatura durante el análisis de Madera (tablas y gráficos elaborados por Inés Ayala)

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	S.M.01	0.9825	20.158	20.433	22.326
			20.197	20.892	22.325
			20.239	21.363	22.323
			20.276	21.617	22.321
			20.317	21.837	22.318
			20.365	21.976	-
			-	22.023	-
			-	22.097	-
			-	22.153	-
			-	22.188	-
			-	22.219	-
			-	22.245	-
			-	22.271	-
			-	22.299	-
			-	22.314	-
			-	22.319	-
			-	22.323	-
-	22.325	-			
-	22.326	-			

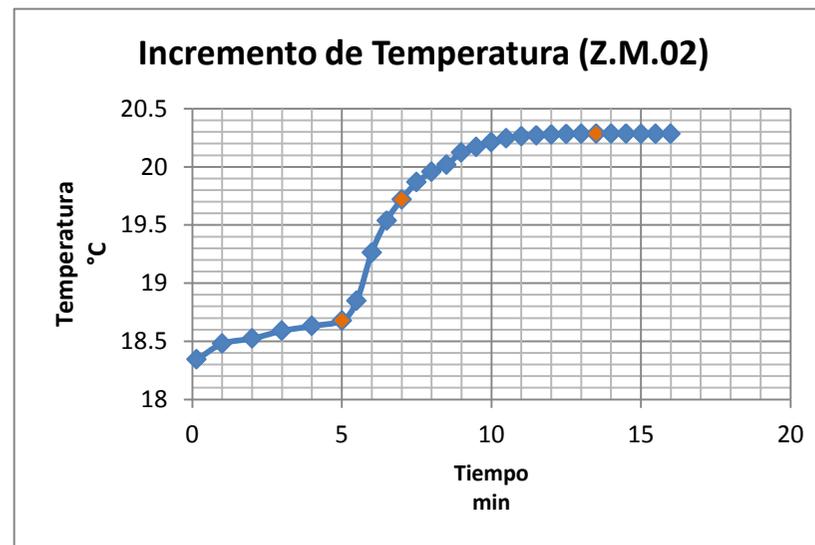


CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
1	Z.M.01	1.0395	17.965	18.52	20.427
			18.021	18.815	20.426
			18.136	19.223	20.425
			18.183	19.479	20.424
			18.224	19.641	20.423
			18.278	19.755	-
			-	19.806	-
			-	19.967	-
			-	20.077	-
			-	20.153	-
			-	20.218	-
			-	20.261	-
			-	20.304	-
			-	20.344	-
			-	20.375	-
			-	20.398	-
			-	20.417	-
			-	20.424	-
-	20.426	-			
-	20.427	-			
-	20.428	-			



Bomba	Muestra	Peso Pellet (g)	Pre-combustión (°C)	Combustión (°C)	Post-combustión (°C)
2	Z.M.02	0.9128	18.342	18.847	20.287
			18.479	19.264	20.287
			18.523	19.539	20.285
			18.589	19.721	20.284
			18.631	19.867	20.283
			18.679	19.955	-
			-	20.018	-
			-	20.123	-
			-	20.169	-
			-	20.21	-
			-	20.243	-
			-	20.265	-
			-	20.272	-
			-	20.279	-
			-	20.284	-
			-	20.286	-
			-	20.287	-



## ANEXO II. Cálculo de Porcentaje de Humedad

- Cálculo de Porcentaje de Humedad de la categoría de Materia Orgánica (tablas elaboradas por Inés Ayala)

% Humedad (S.O.01)	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 127.0952 g
Peso Seco	= 103.9765 g
Crisol	= 95.6325 g
%Humedad	= 73.48 %

% Humedad (S.O.02)	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 190.2588 g
Peso Seco	= 115.5612 g
Crisol	= 95.0095 g
%Humedad	= 78.42 %

% Humedad (Z.O.01)	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 114.8825 g
Peso Seco	= 103.8723 g
Crisol	= 97.2403 g
%Humedad	= 62.41 %

% Humedad (Z.O.02)	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 119.9687 g
Peso Seco	= 109.5367 g
Crisol	= 103.6449 g
%Humedad	= 63.91 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (S.O.03)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 107.6104 g
Peso Seco	= 97.8230 g
Crisol	= 95.7331 g
%Humedad	= 82.40 %

<b>% Humedad (S.O.04)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 35.2884 g
Peso Seco	= 24.7848 g
Crisol	= 23.6834 g
%Humedad	= 90.51 %

<b>% Humedad (Z.O.03)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 136.1923 g
Peso Seco	= 112.9651 g
Crisol	= 103.4789 g
%Humedad	= 71.00 %

<b>% Humedad (Z.O.04)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 29.1632 g
Peso Seco	= 25.0005 g
Crisol	= 23.2473 g
%Humedad	= 70.36 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**% Humedad (S.O.05)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	30.4491 g
Peso Seco	=	27.7350 g
Crisol	=	26.2688 g
%Humedad	=	64.93 %

**% Humedad (S.O.06)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	26.2292 g
Peso Seco	=	22.5063 g
Crisol	=	20.8886 g
%Humedad	=	69.71 %

**% Humedad (Z.O.05)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	29.0796 g
Peso Seco	=	25.9328 g
Crisol	=	24.4381 g
%Humedad	=	67.80 %

**% Humedad (Z.O.06)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	31.2887 g
Peso Seco	=	25.7353 g
Crisol	=	24.2340 g
%Humedad	=	78.72 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**% Humedad (S.O.07)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	47.4088 g
Peso Seco	=	40.3064 g
Crisol	=	37.3722 g
%Humedad	=	70.77 %

**% Humedad (S.O.08)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	115.7191 g
Peso Seco	=	104.0725 g
Crisol	=	101.4184 g
%Humedad	=	81.44 %

**% Humedad (Z.O.07)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	25.3570 g
Peso Seco	=	22.0894 g
Crisol	=	20.4132 g
%Humedad	=	66.09 %

**% Humedad (Z.O.08)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	107.4270 g
Peso Seco	=	97.7989 g
Crisol	=	94.7345 g
%Humedad	=	75.86 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (S.O.09)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 50.1836 g
Peso Seco	= 40.7702 g
Crisol	= 39.2037 g
%Humedad	= 85.73 %

<b>% Humedad (S.O.10)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 33.4996 g
Peso Seco	= 30.8012 g
Crisol	= 27.0972 g
%Humedad	= 42.15 %

<b>% Humedad (Z.O.09)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 106.6351 g
Peso Seco	= 104.3751 g
Crisol	= 97.2306 g
%Humedad	= 24.03 %

<b>% Humedad (Z.O.10)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 29.7534 g
Peso Seco	= 27.1079 g
Crisol	= 23.4383 g
%Humedad	= 41.89 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (S.O.11)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 46.2845 g
Peso Seco	= 34.5562 g
Crisol	= 29.0987 g
%Humedad	= 68.24 %

<b>% Humedad (S.O.12)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 156.8465 g
Peso Seco	= 117.2835 g
Crisol	= 98.2312 g
%Humedad	= 67.50 %

<b>% Humedad (Z.O.11)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 88.5620 g
Peso Seco	= 84.2809 g
Crisol	= 82.8646 g
%Humedad	= 75.14 %

<b>% Humedad (Z.O.12)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 37.9852 g
Peso Seco	= 33.5001 g
Crisol	= 30.6132 g
%Humedad	= 60.84 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

**% Humedad (S.O.13)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	88.5736 g
Peso Seco	=	84.9425 g
Crisol	=	83.1674 g
%Humedad	=	67.17 %

**% Humedad (S.O.14)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	38.9562 g
Peso Seco	=	32.7534 g
Crisol	=	30.2831 g
%Humedad	=	71.52 %

**% Humedad (Z.O.13)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	39.0785 g
Peso Seco	=	33.8564 g
Crisol	=	28.9953 g
%Humedad	=	51.79 %

**% Humedad (Z.O.14)**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	29.1632 g
Peso Seco	=	25.0005 g
Crisol	=	23.2473 g
%Humedad	=	70.36 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (S.O.15)</b>			
% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$	
Peso Húmedo	=	30.4491 g	
Peso Seco	=	27.7350 g	
Crisol	=	26.2688 g	
%Humedad	=	64.93 %	

<b>% Humedad (S.M.01)</b>			
% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$	
Peso Húmedo	=	97.8342 g	
Peso Seco	=	94.8421 g	
Crisol	=	92.1286 g	
%Humedad	=	52.44 %	

<b>% Humedad (Z.O.15)</b>			
% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$	
Peso Húmedo	=	29.7523 g	
Peso Seco	=	26.1003 g	
Crisol	=	24.5375 g	
%Humedad	=	70.03 %	

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- Cálculo de Porcentaje de Humedad de la categoría de Papel y Cartón (tablas elaboradas por Inés Ayala)

<b>% Humedad (S.P.01)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 112.9593 g
Peso Seco	= 110.9362 g
Crisol	= 94.6395
%Humedad	= 11.04 %

<b>% Humedad (S.P.02)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 76.3144 g
Peso Seco	= 75.3728 g
Crisol	= 62.9069 g
%Humedad	= 7.02 %

<b>% Humedad (Z.P.01)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 111.1419 g
Peso Seco	= 109.4805 g
Crisol	= 97.2299 g
%Humedad	= 11.94 %

<b>% Humedad (Z.P.02)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 107.5715 g
Peso Seco	= 106.1856 g
Crisol	= 90.9076 g
%Humedad	= 8.32 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (S.P.03)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 100.3608 g
Peso Seco	= 99.2834 g
Crisol	= 87.9951 g
%Humedad	= 8.71 %

<b>% Humedad (S.P.04)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 24.8068 g
Peso Seco	= 24.6473 g
Crisol	= 20.5048 g
%Humedad	= 3.71 %

<b>% Humedad (Z.P.03)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 123.6744 g
Peso Seco	= 120.0976 g
Crisol	= 91.9908 g
%Humedad	= 11.29 %

<b>% Humedad (Z.P.04)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 24.3364 g
Peso Seco	= 23.8430 g
Crisol	= 20.3250 g
%Humedad	= 12.30 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (S.P.05)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 25.9056 g
Peso Seco	= 25.7283 g
Crisol	= 22.0413 g
%Humedad	= 4.59 %

<b>% Humedad (S.P.06)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 27.1149 g
Peso Seco	= 26.9047 g
Crisol	= 23.0515 g
%Humedad	= 5.17 %

<b>% Humedad (Z.P.05)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 38.2994 g
Peso Seco	= 38.1414 g
Crisol	= 33.7384 g
%Humedad	= 3.46 %

<b>% Humedad (Z.P.06)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 24.1282 g
Peso Seco	= 23.8477 g
Crisol	= 20.7999 g
%Humedad	= 8.43 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (S.P.07)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 39.1451 g
Peso Seco	= 38.9029 g
Crisol	= 36.3946 g
%Humedad	= 8.81 %

<b>% Humedad (S.P.08)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 25.8196 g
Peso Seco	= 25.1305 g
Crisol	= 21.9811 g
%Humedad	= 17.95 %

<b>% Humedad (Z.P.07)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 24.5385 g
Peso Seco	= 24.2263 g
Crisol	= 21.9807 g
%Humedad	= 12.21 %

<b>% Humedad (Z.P.08)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 97.1822 g
Peso Seco	= 96.1822 g
Crisol	= 91.2955 g
%Humedad	= 16.99 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (S.P.09)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 28.7960 g
Peso Seco	= 28.3084 g
Crisol	= 21.9702 g
%Humedad	= 7.14 %

<b>% Humedad (S.P.10)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 26.9850 g
Peso Seco	= 26.4366 g
Crisol	= 21.8453 g
%Humedad	= 10.67 %

<b>% Humedad (Z.P.09)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 88.2721 g
Peso Seco	= 87.2884 g
Crisol	= 83.2063 g
%Humedad	= 19.42 %

<b>% Humedad (Z.P.10)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 36.9971 g
Peso Seco	= 36.6592 g
Crisol	= 32.3841 g
%Humedad	= 7.32 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (S.P.11)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 26.8452 g
Peso Seco	= 26.5630 g
Crisol	= 22.9742 g
%Humedad	= 7.29 %

<b>% Humedad (S.P.12)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 76.3144 g
Peso Seco	= 75.3728 g
Crisol	= 62.9069 g
%Humedad	= 7.02 %

<b>% Humedad (Z.P.11)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 87.9863 g
Peso Seco	= 87.4599 g
Crisol	= 83.0645 g
%Humedad	= 10.70 %

<b>% Humedad (Z.P.12)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 36.4431 g
Peso Seco	= 36.2105 g
Crisol	= 31.8563 g
%Humedad	= 5.07 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (S.P.13)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 84.9645 g
Peso Seco	= 84.3860 g
Crisol	= 80.1093 g
%Humedad	= 11.92 %

<b>% Humedad (S.P.14)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 28.6732 g
Peso Seco	= 28.1245 g
Crisol	= 20.5142 g
%Humedad	= 6.73 %

<b>% Humedad (Z.P.13)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 37.9524 g
Peso Seco	= 37.2471 g
Crisol	= 33.0623 g
%Humedad	= 14.42 %

<b>% Humedad (Z.P.14)</b>	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 24.3364 g
Peso Seco	= 23.8430 g
Crisol	= 20.3250 g
%Humedad	= 12.30 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

% Humedad (S.P.15)	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 25.9056 g
Peso Seco	= 25.7283 g
Crisol	= 22.0413 g
%Humedad	= 4.59 %

% Humedad (Z.P.15)	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 32.9752 g
Peso Seco	= 32.7510 g
Crisol	= 30.7384 g
%Humedad	= 10.02 %

- Cálculo de Porcentaje de Humedad de la categoría de Madera (tablas elaboradas por Inés Ayala)

% Humedad (S.M.01)	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 97.8342 g
Peso Seco	= 94.8421 g
Crisol	= 92.1286 g
%Humedad	= 52.44 %

% Humedad (Z.M.01)	
% Humedad (Z.M.02)	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	= 33.9724 g
Peso Seco	= 30.0874 g
Crisol	= 25.8324 g
%Humedad	= 47.73 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

<b>% Humedad (Z.M.01)</b>		
% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	25 g
Peso Seco	=	23 g
Crisol	=	21.0074 g
%Humedad	=	50.09 %

**ANEXO III. Cálculo de Poder Calórico**

- Cálculo de PCS de Materia Orgánica

S.O.01		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	13.5
ta	=	17.886
tc	=	19.339
r1	=	0.0365 /min
r2	=	-0.001 /min
c1	=	0.55 ml
c2	=	0.90 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9236 g
Hg	=	tW-e1-e2-e3/m
m	=	0.9236 g
e1	=	0.55 cal
e2	=	11.365 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3735.22 cal/g
t	=	tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)
t	=	1.405 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0604 g
Muestra	=	0.9236 g
% S	=	0.90 %

Z.O.01		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12
ta	=	20.883
tc	=	22.352
r1	=	0.0567 /min
r2	=	-0.00125 /min
c1	=	0.55 ml
c2	=	0.84 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9139 g
Hg	=	tW-e1-e2-e3/m
m	=	0.9139 g
e1	=	0.55 cal
e2	=	10.542 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3736.88 cal/g
t	=	tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)
t	=	1.391 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.05603 g
Muestra	=	0.9139 g
% S	=	0.84 %

S.O.02		
a	=	5 min
b	=	6 min
c	=	11.5 min
ta	=	22.306 °C
tc	=	23.676 °C
r1	=	0.02 °C/min
r2	=	-0.0038 °C/min
c1	=	0.35 ml
c2	=	0.70 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0133 g
Hg	=	tW-e1-e2-e3/m
m	=	1.0133 g
e1	=	0.35 cal
e2	=	9.671 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3322.93 cal/g
t	=	tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)
t	=	1.371 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0514 g
Muestra	=	1.0133 g
% S	=	0.70 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Z.O.02		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12.5
ta	=	22.240
tc	=	23.722
r1	=	0.019 /min
r2	=	-0.001 /min
c1	=	0.9 ml
c2	=	0.96 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0391 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0391 g
e1	=	0.9 cal
e2	=	13.660 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3446.10 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.460 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0726 g
Muestra	=	1.0391 g
% S	=	0.96 %

S.O.03		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11.5
ta	=	24.399
tc	=	25.868
r1	=	0.0075 /min
r2	=	-0.0024 /min
c1	=	1 ml
c2	=	0.29 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9520 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9520 g
e1	=	1 cal
e2	=	3.741 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3798.23 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.470 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.01988 g
Muestra	=	0.9520 g
% S	=	0.29 %

Z.O.03		
a	=	5
b	=	7
c	=	13
ta	=	21.288
tc	=	22.508
r1	=	0.01 /min
r2	=	-0.0004 /min
c1	=	0.4 ml
c2	=	0.59 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9290 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9290 g
e1	=	0.4 cal
e2	=	7.545 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3179.88 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.202 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0401 g
Muestra	=	0.9290 g
% S	=	0.59 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

S.O.04		
a	=	5
b	=	7
c	=	15
ta	=	20.976
tc	=	22.298
r1	=	0.0235 °C/min
r2	=	-0.001 °C/min
c1	=	0.5 ml
c2	=	0.67 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0436 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0436 g
e1	=	0.5 cal
e2	=	9.538 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3146.87 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.283 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.05069 g
Muestra	=	1.0436 g
% S	=	0.67 %

Z.O.04		
a	=	5
b	=	7
c	=	15
ta	=	18.127
tc	=	19.691
r1	=	0.0293 °C/min
r2	=	-0.001 °C/min
c1	=	0.6 ml
c2	=	0.36 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9965 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9965 g
e1	=	0.6 cal
e2	=	4.935 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3735.72 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.513 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.02623 g
Muestra	=	0.9965 g
% S	=	0.36 %

S.O.05		
a	=	5
b	=	7
c	=	12
ta	=	21.838
tc	=	23.158
r1	=	0.0315 °C/min
r2	=	-0.0017 °C/min
c1	=	0.25 ml
c2	=	1.27 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9557 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9557 g
e1	=	0.25 cal
e2	=	16.633 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3244.34 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.266 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0884 g
Muestra	=	0.9557 g
% S	=	1.27 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Z.O.05		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11
ta	=	22.955
tc	=	24.434
r1	=	0.004 °C/min
r2	=	-0.0012 °C/min
c1	=	0.5 ml
c2	=	0.76 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9965 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9965 g
e1	=	0.5 cal
e2	=	10.386 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3643.83 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.478 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0552 g
Muestra	=	0.9965 g
% S	=	0.76 %

S.O.06		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11.5
ta	=	19.975
tc	=	21.666
r1	=	0.0045 °C/min
r2	=	-0.0028 °C/min
c1	=	0.3 ml
c2	=	1.05 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0668 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0668 g
e1	=	0.3 cal
e2	=	15.297 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	4072.62 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.698 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0813 g
Muestra	=	1.0668 g
% S	=	1.05 %

Z.O.06		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12
ta	=	23.732
tc	=	25.135
r1	=	0.0162 °C/min
r2	=	-0.0025 °C/min
c1	=	0.4 ml
c2	=	1.05 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0737 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0737 g
e1	=	0.4 cal
e2	=	15.391 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3180.07 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.392 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0818 g
Muestra	=	1.0737 g
% S	=	1.05 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

S.O.07		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11.5
ta	=	20.516
tc	=	21.986
r1	=	0.0178 °C/min
r2	=	-0.002 °C/min
c1	=	0.6 ml
c2	=	1.16 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9838 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9838 g
e1	=	0.6 cal
e2	=	15.692 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3622.52 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.453 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0834 g
Muestra	=	0.9838 g
% S	=	1.16 %

Z.O.07		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	10.5
ta	=	22.810
tc	=	24.305
r1	=	0.0085 °C/min
r2	=	-0.0026 °C/min
c1	=	0.2 ml
c2	=	0.92 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9750 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9750 g
e1	=	0.2 cal
e2	=	12.268 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3917.87 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.493 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0652 g
Muestra	=	0.9750 g
% S	=	0.92 %

S.O.08		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	14
ta	=	17.747
tc	=	19.519
r1	=	0.0388 °C/min
r2	=	-0.0005 °C/min
c1	=	0.4 ml
c2	=	1.87 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9543 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9543 g
e1	=	0.4 cal
e2	=	24.38 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	4595.03 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.718 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1296 g
Muestra	=	0.9543 g
% S	=	1.87 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Z.O.08		
a	=	5
b	=	6
c	=	14
ta	=	20.861
tc	=	22.130
r1	=	0.0395 °C/min
r2	=	-0.0018 °C/min
c1	=	0.25 ml
c2	=	1.56 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9778 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9778 g
e1	=	0.25 cal
e2	=	20.86 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3244.64 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.244 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.11086 g
Muestra	=	0.9778 g
% S	=	1.56 %

S.O.09		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12.5
ta	=	20.518
tc	=	21.954
r1	=	0.0127 °C/min
r2	=	-0.0014 °C/min
c1	=	0.15 ml
c2	=	0.66 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0607 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0607 g
e1	=	0.15 cal
e2	=	9.60 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3440.98 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.425 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.051 g
Muestra	=	1.0607 g
% S	=	0.66 %

Z.O.09		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11
ta	=	20.518
tc	=	21.954
r1	=	0.0137 °C/min
r2	=	-0.003 °C/min
c1	=	0.25 ml
c2	=	1.49 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9798 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9798 g
e1	=	0.25 cal
e2	=	20.01 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3572.04 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.429 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.10634 g
Muestra	=	0.9798 g
% S	=	1.49 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

S.O.10		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11
ta	=	20.117
tc	=	21.507
r1	=	0.0323 °C/min
r2	=	-0.0016 °C/min
c1	=	0.34 ml
c2	=	1.21 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9807 g
Hg	=	tW-e1-e2-e3/m
m	=	0.9807 g
e1	=	0.34 cal
e2	=	16.32 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3370.98 cal/g
t	=	tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)
t	=	1.349 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.08675 g
Muestra	=	0.9807 g
% S	=	1.21 %

Z.O.10		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12
ta	=	22.657
tc	=	23.915
r1	=	0.0353 °C/min
r2	=	-0.0016 °C/min
c1	=	0.65 ml
c2	=	1.34 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0362 g
Hg	=	tW-e1-e2-e3/m
m	=	1.0362 g
e1	=	0.65 cal
e2	=	19.04 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	2866.79 cal/g
t	=	tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)
t	=	1.214 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1012 g
Muestra	=	1.0362 g
% S	=	1.34 %

S.O.11		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	13
ta	=	18.798
tc	=	19.822
r1	=	0.0348 °C/min
r2	=	-0.0016 °C/min
c1	=	0.45 ml
c2	=	0.64 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9121 g
Hg	=	tW-e1-e2-e3/m
m	=	0.9121 g
e1	=	0.45 cal
e2	=	8.00 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	2755.57 cal/g
t	=	tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)
t	=	0.982 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0425 g
Muestra	=	0.9121 g
% S	=	0.64 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Z.O.11		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	13
ta	=	18.798
tc	=	19.822
r1	=	0.0348 °C/min
r2	=	-0.0016 °C/min
c1	=	0.45 ml
c2	=	0.64 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9121 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9121 g
e1	=	0.45 cal
e2	=	8.00 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	2755.57 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	0.982 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0425 g
Muestra	=	0.9121 g
% S	=	0.64 %

S.O.12		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	13
ta	=	20.810
tc	=	21.878
r1	=	0.0405 °C/min
r2	=	-0.0012 °C/min
c1	=	0.3 ml
c2	=	0.57 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9315 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9315 g
e1	=	0.3 cal
e2	=	7.28 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	2789.66 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.015 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0387 g
Muestra	=	0.9315 g
% S	=	0.57 %

Z.O.12		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	13
ta	=	20.810
tc	=	21.878
r1	=	0.0483 °C/min
r2	=	-0.002 °C/min
c1	=	0.4 ml
c2	=	0.96 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9702 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9702 g
e1	=	0.4 cal
e2	=	12.78 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	2655.41 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.009 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0679 g
Muestra	=	0.9702 g
% S	=	0.96 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

S.O.13		
a	=	5
b	=	7
c	=	13.5
ta	=	18.303
tc	=	19.770
r1	=	0.075 °C/min
r2	=	-0.0008 °C/min
c1	=	0.15 ml
c2	=	0.37 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0310 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0310 g
e1	=	0.15 cal
e2	=	5.23 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3287.46 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.322 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0278 g
Muestra	=	1.0310 g
% S	=	0.37 %

Z.O.13		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12.5
ta	=	18.931
tc	=	20.232
r1	=	0.0652 °C/min
r2	=	-0.0008 °C/min
c1	=	0.35 ml
c2	=	1.74 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9478 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9478 g
e1	=	0.35 cal
e2	=	22.64 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3248.11 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.208 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1203 g
Muestra	=	0.9478 g
% S	=	1.74 %

S.O.14		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	13.5
ta	=	20.632
tc	=	22.236
r1	=	0.0303 °C/min
r2	=	-0.0008 °C/min
c1	=	0.6 ml
c2	=	1.00 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0712 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0712 g
e1	=	0.6 cal
e2	=	14.71 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3582.80 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.564 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0782 g
Muestra	=	1.0712 g
% S	=	1.00 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Z.O.14		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	13.5
ta	=	19.555
tc	=	21.115
r1	=	0.0265 °C/min
r2	=	-0.0015 °C/min
c1	=	0.46 ml
c2	=	1.45 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9964 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9964 g
e1	=	0.46 cal
e2	=	19.76 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3764.26 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.531 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1050 g
Muestra	=	0.9964 g
% S	=	1.45 %

S.O.15		
a	=	5
b	=	7
c	=	13.5
ta	=	18.612
tc	=	20.398
r1	=	0.036 °C/min
r2	=	-0.0008 °C/min
c1	=	0.5 ml
c2	=	1.54 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0675 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0675 g
e1	=	0.5 cal
e2	=	22.47 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3945.85 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.719 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1194 g
Muestra	=	1.0675 g
% S	=	1.54 %

Z.O.15		
a	=	5
b	=	7
c	=	13.5
ta	=	19.724
tc	=	21.304
r1	=	0.0358 °C/min
r2	=	-0.0012 °C/min
c1	=	0.3 ml
c2	=	1.13 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9897 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9897 g
e1	=	0.3 cal
e2	=	15.28 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3758.21 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.516 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0812 g
Muestra	=	0.9897 g
% S	=	1.13 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- Cálculo de PCS de Papel y Cartón

S.P.01		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12
ta	=	19.396
tc	=	21.394
r1	=	0.0345 /min
r2	=	-0.001 /min
c1	=	0.7 ml
c2	=	0.67 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9236 g
Hg	=	tW-e1-e2-e3/m
m	=	0.9236 g
e1	=	0.7 cal
e2	=	8.441 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	5195.86 cal/g
t	=	tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)
t	=	1.952 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.04486 g
Muestra	=	0.9236 g
% S	=	0.67 %

Z.P.01		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11.5
ta	=	20.883
tc	=	22.352
r1	=	0.0053 /min
r2	=	-0.0038 /min
c1	=	0.75 ml
c2	=	0.80 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0279 g
Hg	=	tW-e1-e2-e3/m
m	=	1.0279 g
e1	=	0.75 cal
e2	=	11.259 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3535.38 cal/g
t	=	tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)
t	=	1.480 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.05984 g
Muestra	=	1.0279 g
% S	=	0.80 %

S.P.02		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12
ta	=	22.649
tc	=	23.935
r1	=	0.0175 /min
r2	=	-0.0014 /min
c1	=	0.25 ml
c2	=	0.70 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9286 g
Hg	=	tW-e1-e2-e3/m
m	=	0.9286 g
e1	=	0.25 cal
e2	=	8.956 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3352.46 cal/g
t	=	tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)
t	=	1.267 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0476 g
Muestra	=	0.9286 g
% S	=	0.70 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Z.P.02		
a	=	5
b	=	7
c	=	12
ta	=	22.900
tc	=	25.011
r1	=	0.0078 /min
r2	=	-0.0023 /min
c1	=	0.8 ml
c2	=	0.36 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0477 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0477 g
e1	=	0.8 cal
e2	=	5.199 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	4948.21 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	2.107 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.02763 g
Muestra	=	1.0477 g
% S	=	0.36 %

S.P.03		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11.5
ta	=	24.788
tc	=	26.304
r1	=	0.0108 /min
r2	=	-0.0028 /min
c1	=	0.4 ml
c2	=	0.99 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0203 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0203 g
e1	=	0.4 cal
e2	=	13.790 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3641.07 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.514 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.07329 g
Muestra	=	1.0203 g
% S	=	0.99 %

Z.P.03		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	15
ta	=	19.857
tc	=	21.407
r1	=	0.0155 /min
r2	=	-0.0007 /min
c1	=	0.5 ml
c2	=	0.47 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0423 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0423 g
e1	=	0.5 cal
e2	=	6.755 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3615.54 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.533 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0359 g
Muestra	=	1.0423 g
% S	=	0.47 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

S.P.04		
a	=	5
b	=	8
c	=	15
ta	=	19.662
tc	=	20.959
r1	=	0.0163 °C/min
r2	=	-0.0005 °C/min
c1	=	0.4 ml
c2	=	0.68 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9998 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9998 g
e1	=	0.4 cal
e2	=	9.295 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3074.17 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.252 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0494 g
Muestra	=	0.9998 g
% S	=	0.68 %

Z.P.04		
a	=	5
b	=	7.5
c	=	15
ta	=	17.760
tc	=	19.270
r1	=	0.0815 °C/min
r2	=	-0.0007 °C/min
c1	=	0.45 ml
c2	=	0.88 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9772 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9772 g
e1	=	0.45 cal
e2	=	11.741 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3293.72 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.312 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0624 g
Muestra	=	0.9772 g
% S	=	0.88 %

S.P.05		
a	=	5
b	=	7.5
c	=	15
ta	=	22.404
tc	=	23.712
r1	=	0.0017 °C/min
r2	=	-0.0013 °C/min
c1	=	0.35 ml
c2	=	0.60 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9761 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9761 g
e1	=	0.35 cal
e2	=	7.963 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3306.45 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.314 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.04232 g
Muestra	=	0.9761 g
% S	=	0.60 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Z.P.05		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11
ta	=	22.943
tc	=	24.043
r1	=	0.0038 °C/min
r2	=	-0.0022 °C/min
c1	=	0.25 ml
c2	=	0.71 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9349 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9349 g
e1	=	0.25 cal
e2	=	9.101 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	2899.55 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.104 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.04837 g
Muestra	=	0.9349 g
% S	=	0.71 %

S.P.06		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11
ta	=	21.161
tc	=	22.381
r1	=	0.021 °C/min
r2	=	-0.0028 °C/min
c1	=	0.35 ml
c2	=	1.03 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9879 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9879 g
e1	=	0.35 cal
e2	=	13.924 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3107.15 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.201 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.074 g
Muestra	=	0.9879 g
% S	=	1.03 %

Z.P.06		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	10.5
ta	=	23.441
tc	=	24.859
r1	=	0.026 °C/min
r2	=	-0.0018 °C/min
c1	=	0.25 ml
c2	=	0.84 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9780 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9780 g
e1	=	0.25 cal
e2	=	11.235 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3479.91 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.386 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.05971 g
Muestra	=	0.9780 g
% S	=	0.84 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

S.P.07		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	10.5
ta	=	24.213
tc	=	25.197
r1	=	0.0315 °C/min
r2	=	-0.0024 °C/min
c1	=	0.25 ml
c2	=	1.43 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9171 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9171 g
e1	=	0.25 cal
e2	=	17.912 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	2522.22 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	0.946 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0952 g
Muestra	=	0.9171 g
% S	=	1.43 %

Z.P.07		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11
ta	=	21.950
tc	=	23.589
r1	=	0.0108 °C/min
r2	=	-0.0032 °C/min
c1	=	0.4 ml
c2	=	0.92 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9427 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9427 g
e1	=	0.4 cal
e2	=	11.880 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	4265.28 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.637 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.06314 g
Muestra	=	0.9427 g
% S	=	0.92 %

S.P.08		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11.5
ta	=	21.450
tc	=	22.401
r1	=	0.0126 °C/min
r2	=	-0.008 °C/min
c1	=	0.15 ml
c2	=	1.60 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9519 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9519 g
e1	=	0.15 cal
e2	=	20.923 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	2493.59 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	0.972 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1112 g
Muestra	=	0.9519 g
% S	=	1.60 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Z.P.08		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12
ta	=	20.951
tc	=	22.005
r1	=	0.0126 °C/min
r2	=	-0.001 °C/min
c1	=	0.2 ml
c2	=	0.84 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0926 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0926 g
e1	=	0.2 cal
e2	=	12.606 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	2433.59 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.041 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0670 g
Muestra	=	1.0926 g
% S	=	0.84 %

S.P.09		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11.5
ta	=	21.733
tc	=	22.897
r1	=	0.0097 °C/min
r2	=	-0.002 °C/min
c1	=	0.1 ml
c2	=	0.41 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0646 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0646 g
e1	=	0.1 cal
e2	=	5.908 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	2677.29 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.159 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0314 g
Muestra	=	1.0646 g
% S	=	0.41 %

Z.P.09		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12.5
ta	=	20.427
tc	=	21.806
r1	=	0.0045 °C/min
r2	=	-0.0008 °C/min
c1	=	0.20 ml
c2	=	1.38 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9727 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9727 g
e1	=	0.2 cal
e2	=	18.407 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3468.37 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.377 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.09783 g
Muestra	=	0.9727 g
% S	=	1.38 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

S.P.10		
a	=	5
b	=	7
c	=	12.5
ta	=	20.229
tc	=	21.815
r1	=	0.0045 °C/min
r2	=	-0.0016 °C/min
c1	=	0.40 ml
c2	=	0.42 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0823 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0823 g
e1	=	0.4 cal
e2	=	6.188 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3603.39 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.586 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.03289 g
Muestra	=	1.0823 g
% S	=	0.42 %

Z.P.10		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	11.5
ta	=	23.554
tc	=	25.138
r1	=	0.0173 °C/min
r2	=	-0.0016 °C/min
c1	=	0.20 ml
c2	=	14.32 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0378 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0378 g
e1	=	0.2 cal
e2	=	203.60 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3520.99 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.566 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	1.0821 g
Muestra	=	1.0378 g
% S	=	14.32 %

S.P.11		
a	=	5
b	=	6
c	=	13.5
ta	=	19.956
tc	=	21.119
r1	=	0.0632 °C/min
r2	=	-0.0012 °C/min
c1	=	0.20 ml
c2	=	1.33 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9231 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9231 g
e1	=	0.2 cal
e2	=	16.84 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3065.55 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.109 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0895 g
Muestra	=	0.9231 g
% S	=	1.33 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Z.P.11		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12
ta	=	17.745
tc	=	19.498
r1	=	0.0478 °C/min
r2	=	-0.0014 °C/min
c1	=	0.20 ml
c2	=	1.34 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0307 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0307 g
e1	=	0.2 cal
e2	=	18.97 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	4188.75 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.689 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1008 g
Muestra	=	1.0307 g
% S	=	1.34 %

S.P.12		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12.5
ta	=	22.689
tc	=	23.899
r1	=	0.0417 °C/min
r2	=	-0.001 °C/min
c1	=	0.35 ml
c2	=	0.40 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9315 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9315 g
e1	=	0.35 cal
e2	=	5.04 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3173.48 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.153 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0268 g
Muestra	=	0.9315 g
% S	=	0.40 %

Z.P.12		
a	=	5
b	=	7
c	=	14.5
ta	=	17.896
tc	=	19.448
r1	=	0.0422 °C/min
r2	=	-0.0008 °C/min
c1	=	0.5 ml
c2	=	1.17 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0230 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0230 g
e1	=	0.5 cal
e2	=	16.41 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3681.88 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.474 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0872 g
Muestra	=	1.0230 g
% S	=	1.17 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

S.P.13		
a	=	5
b	=	7
c	=	14.5
ta	=	17.896
tc	=	19.448
r1	=	0.0422 °C/min
r2	=	-0.0008 °C/min
c1	=	0.5 ml
c2	=	1.17 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0230 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0230 g
e1	=	0.5 cal
e2	=	16.41 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3681.88 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.474 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0872 g
Muestra	=	1.0230 g
% S	=	1.17 %

Z.P.13		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	13.5
ta	=	20.387
tc	=	21.829
r1	=	0.0422 °C/min
r2	=	-0.0008 °C/min
c1	=	0.5 ml
c2	=	1.73 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9845 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9845 g
e1	=	0.5 cal
e2	=	23.31 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3585.97 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.384 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1239 g
Muestra	=	0.9845 g
% S	=	1.73 %

S.P.14		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12.5
ta	=	17.855
tc	=	19.536
r1	=	0.0377 °C/min
r2	=	-0.0006 °C/min
c1	=	0.65 ml
c2	=	1.45 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0428 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0428 g
e1	=	0.65 cal
e2	=	20.68 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3988.01 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.628 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1099 g
Muestra	=	1.0428 g
% S	=	1.45 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

Z.P.14		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	12.5
ta	=	17.855
tc	=	19.536
r1	=	0.0255 °C/min
r2	=	-0.001 °C/min
c1	=	0.5 ml
c2	=	1.06 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.1300 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.1300 g
e1	=	0.5 cal
e2	=	16.37 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3731.18 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.649 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0870 g
Muestra	=	1.1300 g
% S	=	1.06 %

S.P.15		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	14.5
ta	=	20.803
tc	=	22.347
r1	=	0.0287 °C/min
r2	=	-0.0018 °C/min
c1	=	0.35 ml
c2	=	1.42 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0738 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0738 g
e1	=	0.35 cal
e2	=	20.87 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3603.51 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.515 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1109 g
Muestra	=	1.0738 g
% S	=	1.42 %

Z.P.15		
a	=	5
b	=	6.5
c	=	13
ta	=	17.534
tc	=	19.108
r1	=	0.0323 °C/min
r2	=	-0.0006 °C/min
c1	=	0.7 ml
c2	=	1.65 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	1.0867 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0867 g
e1	=	0.7 cal
e2	=	24.63 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	3590.26 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.529 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.1309 g
Muestra	=	1.0867 g
% S	=	1.65 %

CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

- Cálculo de PCS de Madera

S.M.01		
a	=	5
b	=	7
c	=	14.5
ta	=	20.365
tc	=	22.326
r1	=	0.0026 /min
r2	=	-0.0016 /min
c1	=	0.65 ml
c2	=	11.09 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	0.9825 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9825 g
e1	=	0.65 cal
e2	=	149.339 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	4781.26 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.968 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.7937 g
Muestra	=	0.9825 g
% S	=	11.09 %

Z.M.01		
a	=	5
b	=	7.5
c	=	15.5
ta	=	18.278
tc	=	20.428
r1	=	0.0522 /min
r2	=	-0.0008 /min
c1	=	0.4 ml
c2	=	0.99 %
c3	=	0
W 1	=	2463.45 cal/°C
m	=	1.0395 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	1.0395 g
e1	=	0.4 cal
e2	=	14.093 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	4787.12 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	2.026 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0749 g
Muestra	=	1.0395 g
% S	=	0.99 %

Z.M.02		
a	=	5
b	=	7
c	=	13.5
ta	=	18.679
tc	=	20.287
r1	=	0.0562 /min
r2	=	-0.0008 /min
c1	=	0.55 ml
c2	=	0.54 %
c3	=	0
W 2	=	2567.50 cal/°C
m	=	0.9128 g
Hg	=	$tW-e1-e2-e3/m$
m	=	0.9128 g
e1	=	0.55 cal
e2	=	6.736 cal
e3	=	0 cal
Hg	=	4213.44 cal/g
t	=	$tc-ta-r1(b-a)-r2(c-b)$
t	=	1.501 °C
% S	=	BaSO4 x 13.734/ Wt. Mue
BaSO4	=	0.0358 g
Muestra	=	0.9128 g
% S	=	0.54 %