



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR  
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: PAPEL, CARTÓN, MADERA Y  
MATERIA ORGÁNICA DE LA PARROQUIA LIMONCOCHA. AÑO 2015 –  
2016”**

Realizado por:

**JUAN MARTÍN CABRERA DROUET**

Director del proyecto

**JORGE ESTEBAN OVIEDO**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**FECHA:**

22 de Julio 2016.





ECUADOR  
UNIVERSIDAD  
INTERNACIONAL  
**SEK**

### DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, JUAN MARTÍN CABRERA DROUET, con cédula de identidad # 171655700 - 2 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 he 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.

JUAN MARTÍN CABRERA DROUET

CC.: 171655700 - 2



ECUADOR  
UNIVERSIDAD  
INTERNACIONAL  
**SEK**

### DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“CUANTIFICACIÓN DEL PODER CALÓRICO SUPERIOR E INFERIOR  
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: PAPEL, CARTÓN, MADERA Y  
MATERIA ORGÁNICA DE LA PARROQUIA LIMONCOCHA. AÑO 2015 –  
2016”**

Realizado por:

**JUAN MARTÍN CABRERA DROUET**

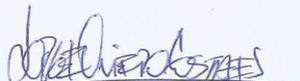
como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

ha sido dirigido por el profesor

**JORGE ESTEBAN OVIEDO**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

  
JORGE ESTEBAN OVIEDO

DIRECTOR



Ecuador  
UNIVERSIDAD  
INTERNACIONAL  
**SEK**

DECLARATORIA PROFESORES TRIBUNALES

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

Ing. Jorge Esteban Oviedo

**DIRECTOR**

Ing. Katty Coral

**TRIBUNAL 1**

Ing. Ana Rodríguez

**TRIBUNAL 2**

Después de revisar el trabajo presentado, por el alumno JUAN MARTÍN CABRERA  
DROUET

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador

Jorge Esteban Oviedo

**DIRECTOR**

Katty Coral

**TRIBUNAL 1**

Ing. Ana Rodríguez

**TRIBUNAL 2**

Quito, 4 de julio de 2016

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mis padres, ya que su ejemplo de esfuerzo ha servido de guía en mi vida estudiantil. Gracias por estar a mi lado en todo momento, ser mi fortaleza y motivación.

A Michita mi segunda madre, por su inmenso cariño, ser alguien que siempre está para mí y por ser una persona muy importante en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que siempre creyeron en mí: familiares, amigos y profesores ya que han aportado un granito de arena para mi desarrollo personal.

A mis familiares por ser un apoyo fundamental a lo largo de toda mi vida, sin esperar nada a cambio.

A Katty Coral, Esteban Oviedo y Francisco Neira por los conocimientos impartidos hacia mí, no solo dentro de clases sino fuera de ella.

A la Universidad Internacional SEK por brindar las facilidades necesarias para que se realice el presente proyecto de investigación y fin de carrera.

## **RESUMEN**

La parroquia Limoncocha está ubicada en la Amazonía ecuatoriana caracterizada por ser un ecosistema frágil y de abundante biodiversidad. Dentro de este importante lugar no existe un aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos. El constante crecimiento poblacional y la deficiente gestión en manejo de residuos sólidos urbanos que ha tenido la parroquia, pueden desencadenar problemas ambientales a mediano y largo plazo. El presente proyecto tuvo como objetivo la cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos, enfocándose en los tipos: papel, cartón, madera y materia orgánica, basándose en el análisis de laboratorio que por medio del uso de bomba calorimétrica, permitió calcular el calor liberado por cada una de las muestras señaladas anteriormente. El presente trabajo permitió valorar energéticamente los residuos con miras de utilizarlos como fuente de energía; los resultados obtenidos permiten determinar la viabilidad de aplicar un tratamiento térmico que ayudará en la gestión de los residuos municipales.

*Palabras clave:* Poder calorífico, Valorización energética, Bomba calorimétrica, Calorimetría, Residuos sólidos urbanos.

## **ABSTRACT**

Limoncocha parish is located in the Ecuadorian Amazon that is a fragile ecosystem and is characterized by its abundant biodiversity. In this place there is no energy recovery of municipal solid waste. The constant population growth and poor management of municipal solid waste management can trigger environmental medium and long term problems. This project is aimed to quantifying the upper and lower heating value of municipal solid waste, focusing on types: paper, cardboard, wood and organic matter based in laboratory techniques. The use of bomb calorimeter helped to calculate the heat released by each of the samples noted above. This analysis allows to assess energy waste in order to use them as an energy source; the results help determine the feasibility of applying a heat treatment that will help in the management of municipal waste.

*Key words:* Heating value, Energy recovery, Calorimeter bomb, Solid waste.

## **ÍNDICE DE CONTENIDO**

<b>CAPITULO I</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes	2
1.2 Importancia del Estudio	2
<b>1.3 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>2</b>
<b>1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>3</b>
1.4 Características del sitio del proyecto	3
<b>CAPITULO II</b>	<b>6</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>6</b>
2.1 Estudios Previos en la parroquia Limoncocha	6
2.2 Estado actual del conocimiento sobre el tema	7
2.3 Conocimiento Científico	8
<b>2.4 Marco Legal</b>	<b>9</b>
<b>2.5 Marco Conceptual</b>	<b>12</b>
2.5.1 Residuos sólidos urbanos	12
2.5.2 Valoración Energética	12
2.5.3 Poder Calórico	13
2.5.4 Incineración de Residuos Sólidos Urbanos	13
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>13</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Cálculo del tamaño de la muestra</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Fases del proyecto</b>	<b>15</b>

3.2.1 Fase documental	15
3.2.2 Fase de campo	15
<b>3.2.2.1 Muestreo</b>	<b>16</b>
<b>3.2.3 Fase de laboratorio</b>	<b>17</b>
3.2.3.1 Secado de muestras y determinación del porcentaje de humedad (%H)	18
3.2.3.1 Calculo de constante del equipo (W)	19
3.2.3.3 Cálculo del Poder calórico	20
3.2.3.4 Equipos y materiales:	20
3.2.3.5 Compresión de Muestras	22
3.2.3.6 Combustión de muestras	23
<b>3.3 Tratamiento estadístico de datos</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>30</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Resultados para la cuantificación de poder calórico de RSU de la parroquia Limoncocha</b>	<b>30</b>
4.1.1 Resultados del cálculo de constante del equipo	30
4.1.1.1 Resultados del porcentaje de humedad	31
<b>4.1.2 Resultados de cuantificación de poder calórico de RSU de la parroquia Limoncocha</b>	<b>38</b>
<b>4.1.3 Resultados totales de cuantificación de poder calórico de RSU de la parroquia Limoncocha.</b>	<b>46</b>
<b>CAPITULO V</b>	<b>49</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>49</b>
5.1 Conclusiones	49
5.2 Recomendaciones	52
<b>CAPITULO VI</b>	<b>54</b>

**6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** **54**

**ANEXOS** **57**

ANEXO A. Registro Fotográfico 57

ANEXO B. Ensayos individuales de combustión y titulación 64

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Temperatura de la parroquia Limoncocha.....	4
Tabla 2. Precipitaciones de la parroquia Limoncocha.....	5
Tabla 3. Censo poblacional de la Cabecera Parroquial Limoncocha .....	5
Tabla 4. Cuantificación PCS y PCI de la parroquia Limoncocha año 2015. ....	7
Tabla 5. Formato porcentaje de humedad .....	19
Tabla 6. Formato Poder Calórico .....	21
Tabla 7. Formato de resumen de datos de la cuantificación.....	22
Tabla 8. Cuantificación porcentaje de humedad de papel .....	32
Tabla 9. Cuantificación porcentaje de humedad de cartón.....	33
Tabla 10. Cuantificación porcentaje de humedad de madera.....	34
Tabla 11. Cuantificación porcentaje de humedad de materia orgánica.....	36
Tabla 12. Resumen porcentaje de humedad RSU Parroquia Limoncocha.....	37
Tabla 13. Cuantificación del poder calórico de papel .....	38
Tabla 14. Cuantificación poder calórico de cartón.....	40
Tabla 15. Cuantificación del poder calórico de madera .....	42
Tabla 16. Cuantificación del poder calórico de materia orgánica. ....	44
Tabla 17. Poder Calórico promedio de RSU parroquia Limoncocha.....	45
Tabla 18. Resultados totales de cada mes de Poder Calórico de RSU parroquia Limoncocha. ....	48
Tabla 19. . Resumen de datos promedios y error relativo para la cuantificación del PCS .....	48
Tabla 20. Resumen de datos promedios para la cuantificación del PCS.....	49

## **INDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1. Ubicación de la parroquia Limoncocha.....	3
Ilustración 2. Mapa de la parroquia Limoncocha.....	4
Ilustración 3. Metodología de muestreo.....	17
Ilustración 4. Porcentaje de humedad de papel.....	32
Ilustración 5. Porcentaje de humedad de cartón.....	34
Ilustración 6. Porcentaje de humedad de madera.....	35
Ilustración 7. Porcentaje de humedad de materia orgánica.....	36
Ilustración 8. Resumen de porcentaje de humedad de los RSU de la parroquia Limoncocha.....	36
Ilustración 9. Poder calórico de papel.....	39
Ilustración 10. Poder calórico de cartón.....	40
Ilustración 11. Poder calórico de madera.....	41
Ilustración 12. Poder calórico de materia orgánica.....	44
Ilustración 13. Comparación de PCS y PCI de los RSU de la parroquia Limoncocha...	45

## **INDICE DE ECUACIONES**

Ecuación No 1. Poder calórico inferior según Dulong.....	9
Ecuación No 2. Determinación del tamaño de muestra.....	14
Ecuación No 3. Determinación de porcentaje de humedad.....	18
Ecuación No 4. Determinación de constante del equipo.....	19
Ecuación No 5. Determinación de poder calórico inferior según Kunitoshi Sakurai.....	23
Ecuación No 6. Determinación de porcentaje de azufre.....	25
Ecuación No 7. Cálculo del aumento de temperatura.....	26

Ecuación No 8. Cálculo del poder calórico superior.....	28
Ecuación No 9. Cálculo de media aritmética.....	28
Ecuación No 10. Cálculo de desviación estándar.....	29
Ecuación No 11. Determinación del error porcentual.....	29

# CAPITULO I

## **1. INTRODUCCIÓN**

La humanidad cada día genera residuos sólidos urbanos (RSU) debido al desarrollo de sus actividades cotidianas. Los residuos sólidos urbanos constituyen un serio problema a nivel mundial debido a que estos afectan la calidad ambiental del mismo, provocando contaminación a los diversos componentes que posee el planeta, por esta razón es sumamente necesario tomar medidas para el manejo de los residuos sólidos urbanos con el fin de obtener beneficios ambientales y económicos.

Una alternativa para el manejo de los RSU es el aprovechamiento energético, esta técnica constituye una gran posibilidad para evitar que los residuos sólidos urbanos sigan contaminando en gran escala al medioambiente y también obtener un beneficio económico (Energía, 2012).

Actualmente la incineración es una técnica relacionada al aprovechamiento energético. El poder calórico permite determinar la viabilidad de que un RSU pueda entregar energía de sí mismo y por ende obtener fuentes de energía alternativas (Salvador, 2012).

La implementación de la tecnología antes mencionada, permitirá atender las demandas sanitarias de una población que crece exponencialmente durante el tiempo, así mismo aprovechar y potenciar espacios físicos de transferencia y disposición final de RSU.

Para realizar un adecuado aprovechamiento energético es necesario cuantificar el Poder Calórico Superior (PCS) y Poder Calórico Inferior (PCI) de los residuos sólidos urbanos municipales ya que dichos parámetros establecen cuáles residuos son óptimos para un aprovechamiento.

El presente proyecto de fin de carrera cuantificó el PCS y PCI de los residuos: papel, cartón, madera y materia orgánica con el fin de determinar si estos residuos son adecuados para una potencial incineración.

### **1.1 Antecedentes**

En el Ecuador existen escasos estudios sobre el tema, por lo cual ha existido dificultad de implementación de medidas para el aprovechamiento de los RSU. Dentro de la Reserva Biológica Limoncocha tampoco se han podido implementar acciones para el aprovechamiento de los RSU. Sin embargo cada año la Universidad Internacional SEK realiza proyectos de investigación relacionados a la Valorización de RSU.

En el año 2015 se determinó el Poder Calórico Superior e Inferior de los RSU por el ingeniero Frank Pacheco como su tema de tesis. El presente proyecto de tesis continuará desarrollándose desde donde terminó el anterior proyecto, con la excepción de que no se analizaran a los residuos de tipo textil y mixto debido a que dicho análisis corresponde a otro proyecto de investigación y de fin de carrera.

### **1.2 Importancia del Estudio**

La Reserva Biológica Limoncocha está localizada en un área protegida, sin embargo dentro de esta convive la comunidad que crece cada año. Esto tiene como consecuencia un crecimiento desmesurado de la cantidad de RSU y como consecuencia impactos sociales y ambientales.

Debido a que la Reserva Biológica Limoncocha se encuentra en una zona de gran biodiversidad y sensible a alteraciones ambientales, es necesario implementar medidas para un adecuado manejo y aprovechamiento de los RSU.

Calcular el poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos de la comunidad de Limoncocha permitirá determinar la viabilidad para que estos sean utilizados en procesos de aprovechamiento energético.

Los tratamientos de RSU, incineración y compostaje, se diseñan a partir de la composición del tipo de residuos. El PCS y PCI es un factor determinante en la aplicación de dichos tratamientos al ser utilizado en un aprovechamiento energético (García & Toro, 2000).

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar el Poder Calórico Superior e Inferior de los residuos sólidos urbanos (Papel, Cartón, Madera y Materia Orgánica) de la parroquia Limoncocha durante el periodo 2015 – 2016, con miras a realizar un aprovechamiento energético que favorezca a la gestión de los RSU.

### 1.3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar si los residuos: papel, cartón, madera y materia orgánica poseen poder calórico suficiente como para ser incluidos en procesos de incineración.
- Identificar los residuos que puedan servir como materia prima para procesos de aprovechamiento energético
- Determinar la humedad de los residuos a través del secado, ya que este es un importante factor dentro de la incineración y posterior aprovechamiento energético.

### 1.4 Características del sitio del proyecto

Limoncocha se encuentra en el cantón Shushufindi al norte de la región amazónica, pertenece a la provincia de Sucumbíos. Con respecto a la Parroquia de Limoncocha, cuenta con una superficie total de 59.853,32 ha. Sus límites son: al norte con las parroquias de Shushufindi y San Roque, al Sur: la Provincia de Orellana, al este: la Parroquia de Pañacocha y la provincia de Orellana y al Oeste: la Provincia de Orellana (Moscoso, 2013).

La Reserva Biológica Limoncocha se encuentra ubicada al lado nororiental de la Amazonía ecuatoriana, en la región suroccidental de la provincia de Sucumbíos. Esta reserva posee 4613 hectáreas siendo en su mayoría bosque tropical. Comprende la laguna de Limoncocha, laguna Negra o Yanacocha que integra a los ríos Capucuy, Itaya, Jivino e Indillana y humedales que actualmente son un “brazo muerto” del río Napo. La reserva fue declarada área protegida en septiembre de 1985 (Moscoso, 2013).

Según Montalvo (2015) el siguiente grafico muestra la ubicación geográfica de la parroquia con respecto al país y la provincia.



Ilustración 1. Ubicación de la parroquia Limoncocha

Fuente: Montalvo (2015)

Según el INEC (2010), la parroquia Limoncocha cuenta con una densidad poblacional de 15.5 hab/ha. La tasa de crecimiento de la parroquia es de 3.48 % anualmente y esta localidad concentra el 17.5 % de la población total de la cabecera parroquial (Bastidas, 2008).



*Ilustración 2. Mapa de la parroquia Limoncocha*

Gráfico No 2. Mapa de la parroquia Limoncocha

Fuente: Google Earth 2016

Dentro del área de estudio existen dos tipos de climas. La parte oeste de la parroquia se caracteriza por tener clima tropical térmico muy húmedo, mientras que en el este existe clima tropical lluvioso. Cabe destacar que el último clima antes mencionado se caracteriza por no presentar mayores variaciones climáticas durante el año (Montalvo, 2015).

TEMPERATURA (°C)	SUPERFICIE (HAS)	% TERRITORIO	LOCALIZACIÓN
25 a 25.5	17.290,00	28,89	Extremo oeste
25.5 a 26	42.563,15	71,11	Extremo este

Tabla 1. Temperatura de la parroquia Limoncocha

Fuente: Montalvo, 2015

Las precipitaciones mínimas y máximas que se presentan dentro del área de estudio se detallan en la siguiente tabla.

<b>PRECIPITACIÓN (MM)</b>	<b>SUPERFICIE (HAS)</b>	<b>% TERRITORIO</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
2.850-2.900	7.778,7	29,70	Extremo oeste
2.900 -3.200	38.954,22	65	Centro
3.200 - 3.400	3.120,32	5,21	Este

Tabla 2. Precipitaciones de la parroquia Limoncocha

Fuente: Montalvo, 2015.

En el año 2015 Marañón determinó la población actual de la Cabecera Parroquial de Limoncocha. Se comparó los datos poblacionales provenientes del censo realizado en 2010 por el INEC, como el último censo realizado por ASOKIL en el año 2014.

Para el año 2015 en la Cabecera Parroquial de Limoncocha habitan 874 personas, siendo el 50.3 % hombres y el 49.6 % mujeres (Marañón, 2015).

<b>Censo Poblacional de la Cabecera Parroquial Limoncocha</b>		
<b>Género</b>	<b>Año 2015</b>	<b>Porcentaje de Población</b>
<b>Hombres</b>	440	50.3 %
<b>Mujeres</b>	434	49.6 %
<b>Total</b>	<b>874</b>	<b>100%</b>

Tabla 3. Censo poblacional de la Cabecera Parroquial Limoncocha

Fuente: ASOKIL 2015

Dentro de la comunidad, la población económicamente activa representa un 54.7 % de la población total, donde el 49 % de esta se dedica al estudio y el 21 % a la agricultura. Otra de las actividades a las que se dedica la comunidad es a la petrolera, cuidado del hogar y la docencia (Bastidas, 2008).

La principal actividad económica de la zona es la agricultura. El 33 % de la población se dedica a esta actividad. Los principales productos que genera esta actividad son: plátano, yuca, café, cacao y maíz. La mayoría de productos son para el consumo

familiar y ocasionalmente para el intercambio con otros comuneros o para la venta (Bastidas, 2008).

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Estudios Previos en la parroquia Limoncocha**

En el año 2015 el ingeniero Frank Pacheco como tema de tesis cuantificó el poder calórico de los residuos de la parroquia Limoncocha. El método utilizado para su investigación fue de tipo Inductivo-Deductivo, siendo así factible inferir la cantidad de poder calórico de los residuos que genera la Reserva Biológica Limoncocha.

En el caso del papel se pudo determinar que el PCS es mayor al PCI debido a la humedad que existió en la muestra, siendo la muestra con mayor humedad la de abril del 2015 con 48,33% y la de marzo del mismo año la que tuvo menor humedad con 13,7%. El PCS más alto perteneció a la muestra del mes de julio con 4411 cal/g y la más baja a la muestra del mes de mayo con 3422 cal/g.

Con la madera en el año 2015 se determinó que el PCS es mayor al PCI debido a la humedad presente en la muestra, siendo la muestra con mayor humedad la de mayo con 28,98 % y la de enero la que obtuvo menor humedad con 13,7%. El PCS más alto pertenece marzo con 4062 cal / g.

En cuanto a materia orgánica, en el mismo año, se determinó igualmente que el PCS es mayor al PCI. Siendo la muestra con mayor humedad la de junio con 89,79 % y la de enero la que posee menor humedad con 80,18%. El PCS más alto pertenece a la muestra del mes de enero con 4277 cal/g y la más baja a la muestra del mes de marzo con 3162.

Con el cartón, en el año 2015, este tuvo mayor humedad en julio con 37,84% y la de enero obtuvo menor humedad con 17,3 %. El PCS más alto perteneció a la muestra del mes de julio con 39,86 cal/g y la más baja a la muestra del mes de febrero con 3290 cal/g.

RESUMEN DE DATOS		PCS (cal/g)	PCI (cal/g)
PAPEL	LIMONCOCHA	3596	3420
MADERA	LIMONCOCHA	4543	4407
CARTON	LIMONCOCHA	3361	3191
ORGANICO	LIMONCOCHA	3592	3090
TEXTIL	LIMONCOCHA	3957	3808
COMPUESTO	LIMONCOCHA	3640	3438

Tabla 4. Cuantificación PCS y PCI de la parroquia Limoncocha año 2015.

Elaborado por: Frank Pacheco, 2015.

De acuerdo a los cálculos realizados en el año 2015 se observó que la madera fue el residuo con mayor PCS, esto significa que posee un gran potencial energético. El papel y cartón también tuvieron un gran potencial energético, de esta manera cumplieron los requisitos para ser tomados en cuenta para el proceso de incineración.

## 2.2 Estado actual del conocimiento sobre el tema

A fines del 2006 el Programa de Diálogos de la Iniciativa Energética de la Unión Europea para el desarrollo sostenible (EUEI-PDF) y la Secretaría Ejecutiva de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) acordaron impulsar un diagnóstico de la demanda rural de energía en la Amazonia, con el objetivo de identificar lineamientos de integración regional y de cooperación para promover el acceso efectivo de las sociedades rurales amazónicas a energía y desarrollo sostenible (EUEI, 2008).

En abril del 2010 se creó el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (MAE-PNGIDS), con el objetivo primordial de impulsar la gestión de los residuos sólidos en los municipios del Ecuador, con un enfoque integral y sostenible, con la finalidad de disminuir la contaminación ambiental y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, a través de estrategias, planes y actividades de capacitación, sensibilización y estímulo a los diferentes actores relacionados (MAE, 2015).

Actualmente no existe ningún programa concreto por parte del estado para el aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos en la región amazónica

ecuatoriana ni en la localidad de Limoncocha. La Universidad Internacional SEK se ha encargado de determinar la viabilidad de aprovechamiento energético de los residuos.

Dentro de la parroquia Limoncocha, el Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Shushufindi es el ente al cual le compete la recolección y posterior tratamiento de residuos sólidos urbanos que genera dicha localidad. El sitio de disposición final de los residuos es únicamente un botadero a cielo abierto.

Apenas el 13,30% de los habitantes de la parroquia tiene acceso al servicio de recolección de basura, el 29,06% eliminan la basura en terrenos baldíos, mientras que el 30,66% la queman, el resto de habitantes opta por otras formas de eliminación, como enterrar, arrojar a ríos, etc. (Marañón, 2015).

### **2.3 Conocimiento Científico**

El poder calorífico es esencial en los procesos de recuperación energética, al igual que el porcentaje de cenizas producido en los mismos. Otras características como la eventual presencia de productos tóxicos, metales pesados, contenido de elementos inertes, etc., son informaciones muy útiles para diseñar soluciones adecuadas en los procesos de recuperación y para establecer las adecuadas precauciones higiénicas y sanitarias (Moratorio et al, 2012). El poder calorífico de un material combustible es una característica intrínseca del mismo que representa la cantidad de calor desprendida en la combustión completa por unidad de masa. Sus expresiones más comunes son: kcal / kg y BTU / lb (EOI, 2007).

La conversión térmica de los residuos puede darse de tres formas diferentes: combustión, gasificación y pirólisis. En la combustión y en la gasificación la reacción química que se produce es exotérmica, lo que significa que se libera energía directamente. Sin embargo en la gasificación se obtiene un producto gaseoso con un poder calorífico remanente que luego podrá ser aprovechado en una combustión posterior (Moratorio et al, 2012).

En la determinación del poder calorífico de los residuos se han utilizado dos métodos: método analítico y práctico. El método analítico determina el poder calorífico del residuo basándose en fórmulas. El método experimental se lo realiza por métodos de laboratorio. Ejemplo de un método analítico para calcular dicho parámetro, es la fórmula planteada por Dulong, donde se expresa el poder calorífico inferior de un

combustible seco, sólido o líquido, que contenga carbono, hidrógeno y azufre en su composición (Castells, 2012)

*Ecuación No. 1. Poder Calórico Inferior (PCI)*

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

Donde:

C: Contenido de carbono

H: Contenido de hidrógeno

S: Contenido de azufre

N: Contenido de nitrógeno

## **2.4 Marco Legal**

La Constitución del Ecuador (2008) en el artículo 23 afirma que, sin perjuicio de los derechos establecidos en aquel documento y en los instrumentos internacionales vigentes, el Estado reconocerá y garantizará a las personas los siguientes: el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación. La ley establecerá las restricciones al ejercicio de determinados derechos y libertades, para proteger el medio ambiente.

En la sección segunda Del Medio Ambiente, artículo 86 de la Constitución del Ecuador se establece que el Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza. Se declaran de interés público y se regularán conforme a la ley:

*“1) La preservación del medio ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país.*

*2) La prevención de la contaminación ambiental, la recuperación de los espacios naturales degradados, el manejo sustentable de los recursos naturales y los requisitos que para estos fines deberán cumplir las actividades públicas y privadas.*

*3) El establecimiento de un sistema nacional de áreas naturales protegidas, que garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecológicos, de conformidad con los convenios y tratados internacionales.”*

La Constitución del Ecuador afirma en el numeral 4 del Art. 264 que los gobiernos municipales tienen competencias exclusivas, para prestar el servicio público de manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental (GADS, 2013).

En cuanto al aprovechamiento de residuos sólidos, en el TULSMA libro VI de la Calidad Ambiental (2015), se establece que es el conjunto de acciones o procesos asociados mediante los cuales, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, se procura dar valor a los desechos y/o residuos reincorporando a los materiales recuperados a un nuevo ciclo económico y productivo en forma eficiente, ya sea por medio de la reutilización, el reciclaje, el tratamiento térmico con fines de generación de energía y obtención de subproductos o por medio del compostaje en el caso de residuos orgánicos o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.

Dentro del cantón Shushufindi, la ordenanza que regula la gestión integral de residuos y desechos sólidos da a conocer que el gobierno autónomo descentralizado de la localidad tiene como objetivo la implementación y regulación del Sistema Integral de los Residuos Sólidos, por otra parte, también se encarga de las políticas, principios, normativas y procedimientos de todo el sistema y fija los derechos, deberes y responsabilidades que son de obligatorio cumplimiento para las ciudadanas y ciudadanos residentes en el Cantón y de las instituciones, organizaciones y empresas de todo tipo (GADS,2013).

El Art. 7 y el Art 8 de la Ordenanza que regula la gestión integral de residuos y desechos sólidos y limpieza en general del cantón Shushufindi determina:

*“El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Shushufindi tiene la facultad de ejecutar la gestión integral de residuos y desechos sólidos por administración directa o a través de una empresa pública creada para el efecto, en concordancia con las Leyes vigentes en el País, especialmente la Ley de Contratación Pública y la Ley Orgánica de Empresas Públicas; y, en ambos casos, están facultados para concesionar, delegar o contratar, cumpliendo con los parámetros establecidos en*

*las leyes y cumpliendo con el debido proceso en todos los casos, en forma total o parcial respecto a los componentes determinados en el Artículo 11, sin perjuicio de lo establecido en la presente Ordenanza.”*

*Art. 8.- De la gestión.- El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Shushufindi, a través de la Dirección de Ambiente, Higiene y Salubridad, impulsará el plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos que incluye la recolección clasificada en la fuente, la aplicación de las alternativas de manejo adecuado como la reducción, reutilización, reciclaje y recuperación de los residuos sólidos; manejo que se dará mediante las fases de barrido, recolección, transporte, tratamiento, disposición final, comercialización e industrialización, cumpliendo un proceso que sea económicamente sustentable y ambientalmente sostenible, con la finalidad de garantizar el buen vivir de los habitantes del Cantón”*

El artículo 48 establece que la disposición final de los desechos sólidos no peligrosos se hará en rellenos en sanitarios bien manejados y cumpliendo con todos los aspectos ambientales, por consecuencia todos los botaderos a cielo abierto están prohibidos (GADS, 2013).

El GAD Municipal tiene la obligación de proporcionar este servicio y también es el encargado del control, mantenimiento y adecuado funcionamiento del mismo. Además, los residuos sólidos no peligrosos también podrán servir como insumos para la conversión en energía eléctrica o ser industrializados si las condiciones y los recursos lo permiten. En caso de implementar este tipo de plantas, deberán ser administradas por el Gobierno Municipal (GADS, 2013).

En cuanto al aprovechamiento de residuos sólidos para generación de energía, el GAD municipal evaluará su industrialización y la gestión será aprobada por el Consejo Municipal previo informe de la Dirección de Ambiente, Higiene y Salubridad, la misma que deberá incluir el reglamento específico para la aplicación de la misma (Ordenanza Municipal 2 Shushufindi, 2013).

Según la ley de Gestión Ambiental (2007), el artículo 2 señala que la gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

De acuerdo al Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (2010), el artículo 55 establece que la prestación de los servicios públicos, entre ellos la depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental, es competencia exclusiva del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal. Además en su artículo 136 establece el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, a través del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional. Finalmente en el artículo 137 establece que son competencias de los gobiernos autónomos descentralizados municipales la prestación de servicios públicos de alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, y actividades de saneamiento ambiental, en todas sus fases.

## **2.5 Marco Conceptual**

### **2.5.1 Residuos sólidos urbanos**

Son todos aquellos materiales provenientes de la actividad humana y que el ser humano desecha diariamente. Estos residuos se originan en hogares, ámbitos laborales, restaurantes, edificios administrativos, hoteles, industrias y están compuestos de residuos orgánicos, tales como sobras de comida, hojas y restos de jardín, papel, cartón, madera y, en general, materiales biodegradables; e inorgánicos, a saber, vidrio, plástico, metales, objetos de caucho, material inerte y otros (Vesco, 2006).

### **2.5.2 Valoración Energética**

Los residuos se someten a ciertos procesos, de forma que se reduce su volumen y se generan, por un lado, unas pequeñas cantidades de residuos y, a su vez, energía proveniente de los materiales contenidos. Esta energía obtenida es equiparable, en muchas ocasiones y dependiendo del residuo, a los combustibles convencionales (López, 2010).

### **2.5.3 Poder Calórico**

Es la cantidad de calor que entrega un kilogramo, o un metro cúbico, de combustible al oxidarse en forma completa. Es decir cuando el carbono pase a anhídrido carbónico (Fernández, 2013).

El poder calórico superior (PCS) de una sustancia es la cantidad de calor desprendido al quemar un kilogramo de ella. Se toma en cuenta el calor desprendido por la condensación del vapor contenido en el producto de combustión (Fernández, 2013).

El poder calórico inferior de un material es la cantidad de calor desprendida al quemar un kilogramo de material. En este a cambio del anterior, se descuenta la energía calórica absorbida por la vaporización del agua contenida en el material. La principal diferencia entre ambos (PCS y PCI) es el calor latente de vaporización del agua resultante de la combustión (Fernández, 2013).

### **2.5.4 Incineración de Residuos Sólidos Urbanos**

Es un sistema de tratamiento proveniente de los residuos urbanos, el cual consiste en incinerar a altas temperaturas los desechos sólidos, con lo que se reduce su volumen un 95% y su peso hasta un 80%, aprovechándose la energía que contienen los distintos tipos de residuos (Salvador, 2012).

## **Capítulo III**

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Cálculo del tamaño de la muestra**

Para determinar el tamaño de muestra se utilizó la fórmula de estadística aplicada a poblaciones finitas. En este caso se puede tomar como población las toneladas diarias de residuos o el tiempo de producción de residuos. Se descartó la opción de toneladas de residuos por cuestiones logísticas, por lo tanto se utilizó como población los 365 días del año en los que se generan residuos. La fórmula planteada por Morales (2012) es la siguiente:

*Ecuación No 2. Determinación del tamaño de muestra*

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(N-1)}{z^2pq}}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra que se desea conocer

N: tamaño conocido de la población

z = Valor de z correspondiente al *nivel de confianza*

Un nivel de confianza del 95% (también lo expresamos así:  $\alpha = .05$ ) corresponde a  $z = 1.96$  sigmas o *errores típicos*;  $z = 2$  (*dos sigmas*) corresponde a un 95.5% (aproximadamente,  $\alpha = .045$ ).

pq = *Varianza de la población*

La varianza en los ítems dicotómicos (dos respuestas que se excluyen mutuamente) es igual a  $pq$  y la varianza mayor (*la mayor diversidad de respuestas*) se da cuando  $p = q = .50$  (la mitad de los sujetos responde *sí* y la otra mitad responde *no*) por lo que en esta fórmula [1]  $pq$  es siempre igual a  $(.50)(.50) = .25$  (es una constante).

e = *Error muestral*

Cálculo del tamaño de muestra

- n: ?
- N: 24 meses
- z = 1,96
- pq = 0,25
- e = 10%

$$n = \frac{24}{1 + \frac{e^2(24-1)}{1,96^2 0,25}}$$

n = 19.36 meses

Tomando en cuenta que el presente proyecto es una continuación investigativa de años anteriores, Frank Pacheco en su proyecto de fin de carrera realizó el muestreo durante siete meses, en el periodo de tiempo de enero a julio del año 2015. El presente proyecto se realizó la toma de diez muestras durante el periodo de agosto a mayo durante los años 2015 – 2016, las futuras investigaciones deben recolectar las muestras de los dos meses restantes y continuar con el proyecto.

## **3.2 Fases del proyecto**

### **3.2.1 Fase documental**

La fase documental se basó en una investigación de estudios anteriores, tanto a nivel nacional como internacional. La finalidad de esta fase es que la presente investigación posea un sustento científico y bibliográfico que proporcione consistencia y validez a los resultados obtenidos. El manual de la bomba calorimétrica fue de gran ayuda debido a que facilitó el uso de variables y cálculos que implican determinar el PCS y PCI.

### **3.2.2 Fase de campo**

Previamente a la realización de la fase de campo fue necesario tomar las necesarias medidas de seguridad, por lo cual se realizó la vacunación contra las siguientes enfermedades: hepatitis A y B, tétanos y tifoidea. Adicionalmente se utilizó el adecuado equipo de protección personal: mascarilla, botas de caucho y guantes.

La toma de muestras fue realizada de manera mensual desde agosto del 2015 hasta mayo del 2016 los días lunes o viernes debido a que en estos días era dada la recolección de los residuos sólidos urbanos dentro de la parroquia. El lugar de muestreo fue el punto donde los moradores del sector depositan los residuos para que sean recogidos por el camión municipal.



Imagen No 1. Lugar de muestreo.

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

Al momento de la recolección de la muestra se toman en cuenta las condiciones climáticas del sitio debido a que estas pueden variar el contenido de humedad de la muestra.

Una vez recogida la muestra, se la colocó en coolers para su traslado a la estación donde se las ubicó en un ambiente fresco para evitar que se deteriore. El traslado de la muestra fue por vía terrestre en transporte interprovincial.

### **3.2.2.1 Muestreo**

En la fase de muestreo se utilizó la técnica desarrollada por el Dr. Kunitoshi Sakurai siendo esta técnica establecida en la Guía HDT 17 “MÉTODO SENCILLO DEL ANALISIS DE RESIDUOS SÓLIDOS” del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Esta técnica de muestreo consiste en la elección de bolsas al azar las cuales son pesadas hasta completar 50 kg, posteriormente se realizan tres cuarteos descartando los lados opuestos, obteniendo finalmente una muestra representativa (CEPIS, 2010). A continuación en el diagrama se muestra en que consiste dicha técnica.

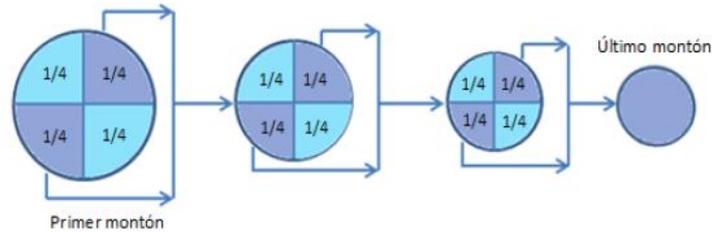


Ilustración 3. Metodología de muestreo

Elaborado por: Lorena Mafla, 2015. Basado en el Método de CEPIS

El procedimiento de muestreo fue el siguiente:

1. Se eligió una zona adecuada para el muestreo, siendo este un sitio donde no se incomode a los habitantes de la parroquia. Este lugar fue cercano a donde los habitantes colocan los residuos para el camión recolector.
2. Se recolectaron varias fundas de residuos sólidos urbanos al azar hasta completar 50 kg de muestra.
3. Se rompieron las fundas que contenían los 50 kg de RSU, se esparce la muestra y se homogeniza a la misma.
4. A la muestra homogenizada se la divide en cuatro partes iguales y se toma dos lados opuestos. Al resto de lados opuestos se los descarta.
5. Con los dos lados escogidos nuevamente se vuelve a homogenizar a muestra hasta obtener una muestra representativa.
6. Una vez obtenida la muestra representativa, se la separa en categorías: papel, cartón, madera y materia orgánica.
7. Se coloca a cada categoría en una funda específica y se las dispone en fundas las cuales serán almacenadas en un cooler.
8. Finalmente, la muestra es trasladada al Laboratorio de Química de la Universidad Internacional SEK donde es refrigerada a 10 °C hasta su análisis.

### 3.2.3 Fase de laboratorio

En el laboratorio, la muestra es refrigerada a 10 °C con la finalidad de que esta no pierda sus propiedades; el análisis se debe realizar lo antes posible ya que con el tiempo la muestra pierde sus características originales y por consiguiente los datos obtenidos no serán fiables. Dentro del laboratorio se sigue el procedimiento para la determinación del poder calórico de los RSU de la parroquia Limoncocha.

La preparación de muestras consiste en picar a los desechos en fracciones no mayores a un centímetro con la finalidad de homogenizar la muestra y obtener una muestra representativa. Se pica cada categoría de la muestra: papel, cartón, madera y materia orgánica y se coloca aproximadamente 6 gramos de cada una de estas en diferentes crisoles.

### **3.2.3.1 Secado de muestras y determinación del porcentaje de humedad (%H)**

La determinación de la humedad en la cuantificación del poder calórico es un aspecto fundamental, ya que a mayor humedad del RSU, es más difícil producir una combustión y por ende el aprovechamiento energético será de menor eficiencia. Un bajo contenido de humedad reduce la gestión y el costo de transporte del RSU, agregándole valor a la materia dispuesta para el aprovechamiento (Earl, 1975).

El “Procedimiento de Técnicas para Análisis Químico de Suelos del Laboratorio de Suelos y Agua” de Sáenz Peña (2005), se utilizó para la determinación del porcentaje de humedad. Este método consiste en colocar aproximadamente seis gramos de cada categoría de residuos (papel, cartón, madera y materia orgánica) en crisoles de un volumen de 30 mL. Cada crisol debe ser marcado con la procedencia, categoría de residuo y analizador.

Una vez realizado lo anterior, se coloca las muestras en una estufa, la cual debe estar a 105 °C durante un periodo de 24 horas; una vez terminado este intervalo de tiempo, se procede a pesar cada crisol con la muestra seca ayudándose de una balanza analítica.

El cálculo del porcentaje de humedad se basa en la siguiente fórmula:

*Ecuación No 3. Determinación del porcentaje de humedad*

$$\%H = \frac{A - B}{A - C} * 100$$

Fuente: Laboratorio de Análisis Suelo, Chaco Argentina (2005)

Donde:

A = Peso Crisol + Muestra Húmeda (g).

B = Peso Crisol + Muestra Seca (g).

C = Peso del Crisol vacío y seco (g).

Se presentarán los resultados del porcentaje de humedad de acuerdo al siguiente formato:

% Humedad					
No.	Muestra	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso crisol + muestra seca (g)	% Humedad

Tabla 5. Formato porcentaje de humedad

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

### f3.2.3.1 Cálculo de constante del equipo (W)

Antes de realizar el análisis de las muestras, es necesario determinar la constante de la bomba calorimétrica, ya que la constante de cada bomba puede variar por mínimas variaciones en su fabricación.

Para obtener la constante de la bomba a utilizar se procesa una muestra estándar de ácido benzoico de masa 1 gramo. Al conocer el poder calórico de esta sustancia estándar permite validar la metodología y los datos obtenidos. A esta constante se la conoce como “W”; la ecuación para determinar dicha constante es la siguiente:

*Ecuación No 4. Determinación de la constante del equipo*

$$W = \frac{Hm + e1 + e2}{t}$$

Fuente: Manual No. 204M de Bomba calorimétrica Parr

Donde:

W = Constante (cal / °C)

H = Calor de combustión de la muestra estándar de ácido benzoico (cal/g)

m = masa de la muestra estándar (g)

e1 = corrección en calorías por el calor de formación de ácido nítrico

e3 = corrección en calorías por el calor de combustión del cable de ignición

t = aumento de temperatura (°C)

### 3.2.3.3 Cálculo del Poder calórico

Para realizar el cálculo de dicho parámetro, la metodología debe ser validada para garantizar los valores obtenidos y el uso de los equipos debe ser adecuado. Los equipos y materiales son los siguientes:

### 3.2.3.4 Equipos y materiales:

- Equipo calorimétrico Parr que consta de:
  - 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
  - Cápsula de acero inoxidable
  - Camisa adiabática
  - Unidad de ignición
- Tanque de oxígeno
- Bomba de oxígeno
- Prensa de Pellets o Tabletas
- Estufa
- Cápsulas
- Balanza analítica
- Solución de Cloruro de Bario
- Solución de Carbonato de Sodio (0.0709 N)
- Indicador (Anaranjado de Metilo)



Los resultados totales promedio de poder calórico se presentaron de la siguiente manera:

Resumen de Datos				
	Año 2015 PCS (kcal/kg)	Año 2015 - 2016 PCS (kcal/kg)	Error relativo	% Humedad
Papel				
Cartón				
Madera				
Materia Orgánica				

Tabla 7. Formato de resumen de datos de la cuantificación

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

Hay que tomar en cuenta que el procedimiento e instrucciones de uso del equipo calorimétrico Parr están en el manual del mismo. A continuación se especificarán los pasos para la determinación del poder calórico de los residuos: papel, cartón, madera y materia orgánica.

### 3.2.3.5 Compresión de Muestras

Una vez secas las muestras, se realiza la compresión de las muestras: papel, cartón, madera y materia orgánica ayudándose de la prensadora Parr. A la muestra comprimida se la denomina pellet, el mismo que debe tener un peso entre 0.9 y 1.5 g (Parr Instrument Company, s.f).

A dicho pellet se lo debe manipular cuidadosamente ya que es frágil y puede adquirir humedad nuevamente con el contacto con el ambiente o con las manos del operador, por lo tanto es necesario utilizar pinzas metálicas para sujeción.

El procedimiento para la compresión de muestras es el siguiente:

1. Colocar el molde sobre el soporte del mismo tomando en cuenta que el borde biselado debe estar en posición superior.
2. Introducir de 0.9 a 1.5 g de muestra dentro del molde.

3. A continuación empujar la palanca del pelletizador hacia abajo para comprimir la muestra.
4. Mantener presionada la muestra durante 5 segundos.
5. Empujar hacia arriba la palanca para dejar de ejercer presión sobre la muestra.
6. Retirar el molde y colocar el soporte del mismo en posición invertida.
7. Empujar ligeramente la muestra hasta que la misma se deposite sobre el soporte.
8. Retirar el pellet del soporte.

### 3.2.3.6 Combustión de muestras

Este procedimiento tiene como finalidad combustionar el pellet utilizando la bomba calorimétrica. Hay que tomar en cuenta que al realizar este procedimiento se obtiene la cuantificación del poder calórico superior, ya que la muestra analizada posee nulas o minimas cantidades de humedad. Para cuantificar el poder calórico inferior se debe utilizar la siguiente ecuación planteada por el Dr. Kunitoshi Sakurai en el año 2010 en su texto método sencillo del análisis de residuos sólidos.

*Ecuación No 5. Determinación del poder calórico inferior.*

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

Donde:

PCS = Poder calórico superior (cal/g)

PCI = Poder calórico inferior (cal/g)

W = % Humedad

Todos los accesorios del equipo calorimétrico son fundamentales para la cuantificación del poder calórico. A continuación se detalla el procedimiento para la combustión de muestras.

1. Introducir el pellet en la cápsula de acero inoxidable. El mismo debe tener contacto con un hilo de algodón; el hilo debe estar atado al cable de ignición ya que este es un conductor de energía y permitirá que el pellet se combustione completamente (Ribadeneira, 2014).
2. Colocar la cápsula de acero en la bomba de combustión y cerrar herméticamente la tapa en forma de rosca.

3. Introducir oxígeno a presión en cantidades que dependerán del tipo de residuo. Para papel y cartón 25 atm, mientras que para madera y materia orgánica 30 atm (Ribadeneira, 2014).
4. Colocar la bomba en la cubeta ovalada que previamente debe estar con 2 kg de agua destilada.
5. Introducir la cubeta ovalada dentro de la camisa adiabática.
6. Se coloca el agitador, termómetro y se conecta unidad de ignición a la bomba. Hay que tomar en cuenta que la unidad de ignición debe estar conectada en 10 mm y common.
7. Una vez conectado, se comienza a tomar las temperaturas, en un principio a los 15 segundos, posteriormente en intervalos de un minuto hasta el minuto 5. En el minuto 5 se enciende la unidad de ignición y se procede a tomar las temperaturas en intervalos de 30 segundos hasta que la temperatura se estabilice.
8. Tomar 6 mediciones de temperatura a partir de que dicho parámetro se estabilice.
9. Apagar, desconectar el termómetro y agitador; retirar la bomba de la cubeta ovalada.
10. Abrir la válvula de la bomba para liberar los gases de combustión de la misma.
11. Enjuagar la bomba con 50 mL de agua destilada para recolectar el condensado y realizar el posterior análisis.

### **3.2.3.7 Determinación de ácido nítrico y azufre**

La determinación de dichos compuestos es un aspecto importante dentro de la cuantificación del poder calórico. Al momento de la formación de dichas sustancias se liberan cantidades de calor, lo cual puede alterar la validez de los datos obtenidos, por lo tanto es necesario realizar una corrección al resultado obtenido de PCS.

La determinación de dicho parámetro se la obtiene analizando el lavado del condensado de la bomba calorimétrica.

#### Determinación de ácido nítrico

1. Colocar tres gotas de anaranjado de metilo sobre el lavado. Esta sustancia permitirá observar un cambio de color cuando se aplique  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

2. Titular el lavado con solución estándar de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (5% en peso) gota a gota hasta que se produzca un cambio de coloración de violeta a amarillo.
3. Con el volumen consumido de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  se realizarán cálculos posteriores.

### Determinación de azufre

Dentro de la muestra, este compuesto se encuentra en forma de ion sulfato y su cuantificación es directa; se la realiza con filtrado y secado.

1. Finalizada la titulación para determinar ácido nítrico, se procede a colocar gota a gota de solución de Cloruro de Bario ( $\text{BaCl}$ ) al 5% hasta observar un precipitado de color blanco nuboso. Dicho precipitado refleja la formación de sulfato de bario.
2. Filtrar el precipitado en papel filtro previamente pesado.
3. Colocar el papel filtro en crisol.
4. Realizar los procedimientos antes mencionados para cada categoría de RSU.
5. Colocar los papeles filtro dentro de estufa a  $105\text{ }^\circ\text{C}$  durante 24 horas.
6. Retirar los papeles filtro de la estufa y dejarlos enfriar por aproximadamente 10 minutos dentro de la incubadora para así evitar que estos adquieran humedad.
7. Pesar nuevamente cada papel filtro.
8. Por diferencia de pesos calcular el contenido de sulfato de bario.
9. Calcular el contenido de azufre basándose en la fórmula del manual de funcionamiento del equipo calorimétrico Parr

*Ecuación No 6. Determinación de porcentaje de Azufre*

$$\text{Azufre (\%)} = \frac{\text{Wt. BaSO}_4 \times 13,734}{\text{Wt. Muestra}}$$

Donde:

Wt.  $\text{BaSO}_4$  = Peso neto del sulfato de bario (g)

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

### **3.2.3.8 Aumento de temperatura (t)**

La ecuación para calcular el aumento de temperatura viene dada por Parr Instrument Company.

*Ecuación No 7. Cálculo del aumento de temperatura*

$$t = tc - ta - r1(b - a) - r2(c - b)$$

Donde:

t = aumento de temperatura (°C)

a = tiempo del encendido (min)

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

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

ta = temperatura al momento de encendido (°C)

tc = temperatura en el tiempo c (°C)

r1 = velocidad (°C/minutos) a la que la temperatura se elevó durante los 5 minutos antes del encendido

r2 = velocidad (°C/minutos) a la que la temperatura se elevó durante los 5 minutos después del tiempo c.

Hay que considerar lo siguiente para el cálculo de aumento de temperatura:

- El tiempo de encendido (a) es el tiempo en minutos de cuando se realiza el encendido de la fuente de ignición, es decir el minuto 5.
- Para determinar el tiempo (b) se debe restar el valor del último registro de temperatura menos el primero; a este valor se lo multiplica por 0.6, a este valor multiplicado se lo suma al primer registro de temperatura y finalmente se obtiene el tiempo correspondiente a esa temperatura (b) en minutos.
- El tiempo (c) es el correspondiente al primer registro de temperatura donde este parámetro comienza a repetirse, es decir cuando la temperatura comienza a estabilizarse.
- La temperatura al momento de encendido (ta) es el valor en grados centígrados correspondiente al momento del encendido de la unidad de ignición al quinto minuto.
- La temperatura al tiempo (c) es el valor en grados centígrados correspondiente al primer registro donde la temperatura empieza a estabilizarse.

- Para calcular la velocidad (°C/minutos) a la que la temperatura se eleva durante los primeros cinco minutos (r1) se realiza una diferencia entre el quinto y primer valor de temperatura. A este valor se lo divide para cinco minutos que es el intervalo de tiempo antes del encendido.

### 3.2.3.9 Correcciones termoquímicas

Para calcular el calor de combustión es fundamental realizar correcciones debido a que la formación de ácido nítrico, ácido sulfúrico genera calorías que pueden afectar a los resultados obtenidos. También es necesario realizar una corrección para el calor de combustión del cable de ignición (Ribadeneira, 2014).

e1 = corrección en calorías para el calor de formación de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>)

= c1 (mililitros de solución alcalina estándar usada en la titulación)

e2 = corrección en calorías para el calor de formación de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

= (13.7) (c2) (m)

c2 = porcentaje de azufre en la muestra

e3 = corrección en calorías para el calor de combustión del cable de ignición

= (2.3) (c3) cuando se utiliza cable de ignición de níquel-cromo

= (2.7) (c3) cuando se utiliza cable de ignición de hierro

c3 = centímetros de cable de ignición consumido durante la combustión

### 3.2.2.3.3 Calor bruto de combustión (PCS)

El cálculo inicial del calor de combustión (PCS) puede ser dividido en tres etapas iniciales. Las dos primeras etapas se calculan las distintas variables a aplicar y en el cálculo final se obtiene el calor de combustión. Se reemplazan los datos obtenidos en la siguiente fórmula establecida por Parr Instrument Company.

*Ecuación No 8. Cálculo del PCS*

$$x \left( \frac{\text{cal}}{\text{g}} \right) = \frac{\text{tW} - \text{e1} - \text{e2} - \text{e3}}{m}$$

Donde:

PCS = Calor de combustión (cal/g)

t = aumento de temperatura (°C)

W = Constante (cal/°C)

m = masa de la muestra (g)

e1 = corrección en calorías por el calor de formación de ácido nítrico

e2 = corrección en calorías para el calor de formación de ácido sulfúrico

e3 = corrección en calorías por el calor de combustión del cable de ignición

Cálculo del calor de combustión (PCI)

El Dr. Kunitoshi Sakurai en su texto “Método sencillo del análisis de residuos sólidos” establece el cálculo del poder calórico inferior por medio de la *Ecuación No 5*.

### 3.3 Tratamiento estadístico de datos

Con la totalidad de datos, se procede a presentarlos como un promedio mediante la media aritmética propuesta por Murray (1997).

*Ecuación No 9. Media aritmética*

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

Donde:

X = Promedio

$X_i$  = Valores obtenidos.

n = Número de datos

Para determinar la variabilidad de los datos es necesario calcular la desviación estándar utilizando la siguiente fórmula planteada por Murray (1997):

*Ecuación No 10. Desviación estándar*

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

Donde:

$\sigma$  = Desviación Estándar

$\bar{X}$  = Promedio

$X_i$  = Valores obtenidos

$N$  = Número de datos

Con los datos obtenidos en la presente investigación y los obtenidos en estudios anteriores, se procedió a calcular el error relativo en base a la siguiente fórmula planteada por la Universidad de Cantabria (2010) en el documento “EJERCICIOS DE ESTADÍSTICA I.T.O.P – ESTADÍSTICA APLICADA”.

*Ecuación No 11. Cálculo del error relativo porcentual*

$$Er = \left| \frac{x - X}{X} \right| * 100$$

Donde:

$Er$  = Error relativo porcentual

$x$  = Valor calculado

$X$  = Valor exacto. Este valor considera a los datos obtenidos por Pacheco en su investigación.

Se debe tomar en cuenta que el error relativo porcentual puede ser positivo o negativo debido a que puede ser por exceso o por defecto; en el presente estudio se tomó el valor absoluto.

## Capítulo IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Resultados para la cuantificación de poder calórico de RSU de la parroquia Limoncocha

##### 4.1.1 Resultados del cálculo de constante del equipo

Validación Agosto 2015 – Febrero 2016

$$W = \frac{Hm + e1 + e2}{t}$$

$$W = 2459.580 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$$

Donde:

W = Constante (cal / °C)

H = Calor de combustión de la muestra estándar de ácido benzoico → 6306 cal/g

m = masa de la muestra estándar → 1g

e1 = corrección por el calor de formación de ácido nítrico → 1.4 cal

e2 = corrección por el calor de combustión del cable de ignición → 11.854 cal

t = aumento de temperatura → 2.569 °C

Validación Marzo 2016 – Abril 2016

$$W = \frac{Hm + e1 + e2}{t}$$

$$W = 2604.567 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$$

Donde:

W = Constante (cal / °C)

H = Calor de combustión de la muestra estándar de ácido benzoico → 6316 cal/g

m = masa de la muestra estándar → 1g

e1 = corrección por el calor de formación de ácido nítrico → 1.2 cal

e2 = corrección por el calor de combustión del cable de ignición → 2.22 cal

t = aumento de temperatura → 2.426 °C

Validación mayo 2016

$$W = \frac{Hm + e1 + e2}{t}$$

$$W = 2573.685 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$$

Donde:

W = Constante (cal / °C)

H = Calor de combustión de la muestra estándar de ácido benzoico → 6318 cal/g

m = masa de la muestra estándar → 1g

e1 = corrección por el calor de formación de ácido nítrico → 1.1 cal

e2 = corrección por el calor de combustión del cable de ignición → 1.355 cal

t = aumento de temperatura → 2.456 °C

#### 4.1.1.1 Resultados del porcentaje de humedad

##### Papel

% Humedad					
No.	Muestra	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso crisol + muestra seca (g)	% Humedad
1	MC - 01P	35,1618	41,1618	40,467	11,5800
2	MC - 02P	37,8601	43,811	42,2325	26,5254
3	MC - 03P	37,8998	44,0375	42,5203	24,7194
4	MC - 04P	33,3409	42,8413	40,3641	26,0747
5	MC - 05P	36,5313	41,3553	41,076	5,7898
6	MC - 06P	40,0426	46,3006	45,8895	6,5692

7	MC - 07P	40,1165	48,3569	45,6784	32,5045
8	MC - 08P	38,1636	44,2444	43,1453	18,0749
9	MC - 09P	34,7616	41,0929	40,6375	7,1928
10	MC - 10P	40,1165	46,3556	45,6784	10,8541

**Promedio:** 16.9885%

Tabla 8. Cuantificación porcentaje de humedad de papel

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

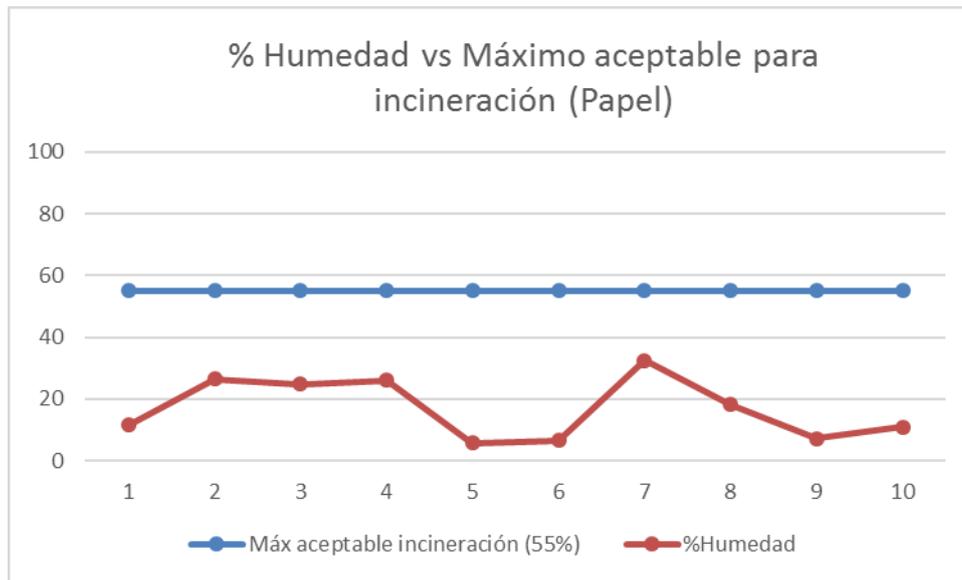


Ilustración 4. Porcentaje de humedad de papel

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

El porcentaje promedio del RSU papel es de 16.9885 %. La muestra MC – 07P posee una humedad de 32.5045% siendo la más alta; la muestra MC – 05P presenta un porcentaje de humedad de 5.7898% siendo la más baja. La humedad que adquiere el papel es adquirida por humedad propia y superficial del residuo. Durante la investigación, todos los valores de humedad que presenta el papel, no superan el 55%, lo que indica que este residuo puede ser considerado en procesos de aprovechamiento energético y una posterior incineración.

## Cartón

% Humedad					
No.	Muestra	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso crisol + muestra seca (g)	% Humedad
1	MC - 01C	37,8660	43,8870	43,2984	9,7758
2	MC - 02C	36,9939	43,8137	42,0067	26,4964
3	MC - 03C	39,2222	46,2532	43,4492	39,8805
4	MC - 04C	39,1617	45,3206	44,1765	18,5764
5	MC - 05C	39,1603	45,2271	44,7135	8,4657
6	MC - 06C	40,3945	46,2489	45,9256	5,5223
7	MC - 07C	40,4666	46,4828	45,2525	20,4498
8	MC - 08C	40,3945	46,2489	45,9256	5,5223
9	MC - 09C	37,8099	44,1446	42,1446	31,5721
10	MC - 10C	37,8099	44,1326	42,6534	23,3951

**Promedio:** 18.9656%

Tabla 9. Cuantificación porcentaje de humedad de cartón

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

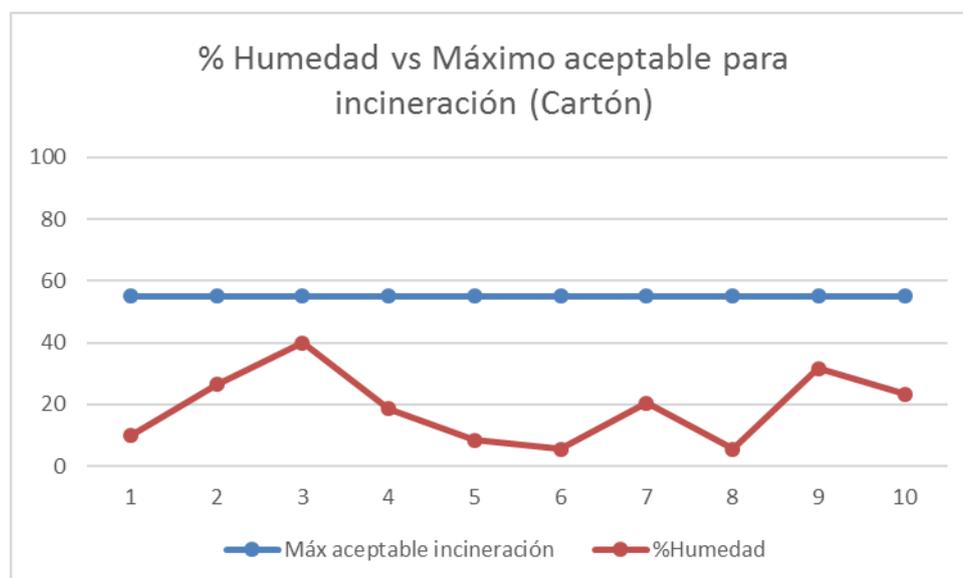


Ilustración 5. Porcentaje de humedad de cartón

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

El porcentaje promedio del RSU cartón es de 18.9656%, esta humedad es adquirida o de carácter propio del residuo. La muestra MC – 03C presenta una humedad de 39.8805%, siendo esta la más alta, mientras que la muestra MC – 05C y MC – 08C presentan menores valores, apenas con un 5.5223%. Todos los valores de humedad de la categoría papel no presentan valores superiores al 55%, lo cual indica que este RSU puede ser considerado óptimo para tratamientos de incineración.

### Madera

% Humedad					
No.	Muestra	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso crisol + muestra seca (g)	% Humedad
1	MC - 01M	40,9815	47,6712	47,2124	6,8583
2	MC - 02M	40,9415	45,8827	45,2626	12,5496
3	MC - 03M	40,9802	44,6002	43,6762	25,5249
4	MC - 04M	34,8529	40,9201	40,2475	11,0858
5	MC - 05M	35,2983	41,0681	40,2681	13,8653
6	MC - 06M	34,6605	42,0976	41,0095	14,6307
7	MC - 07M	34,6692	41,5069	39,6692	29,0463
8	MC - 08M	38,1636	44,2444	43,1453	18,0749
9	MC - 09M	35,0671	41,0495	39,6563	23,2766
10	MC - 10M	38,0312	44,3025	43,4587	13,4549

**Promedio:** 16.8367%

Tabla 10. Cuantificación porcentaje de humedad de madera

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

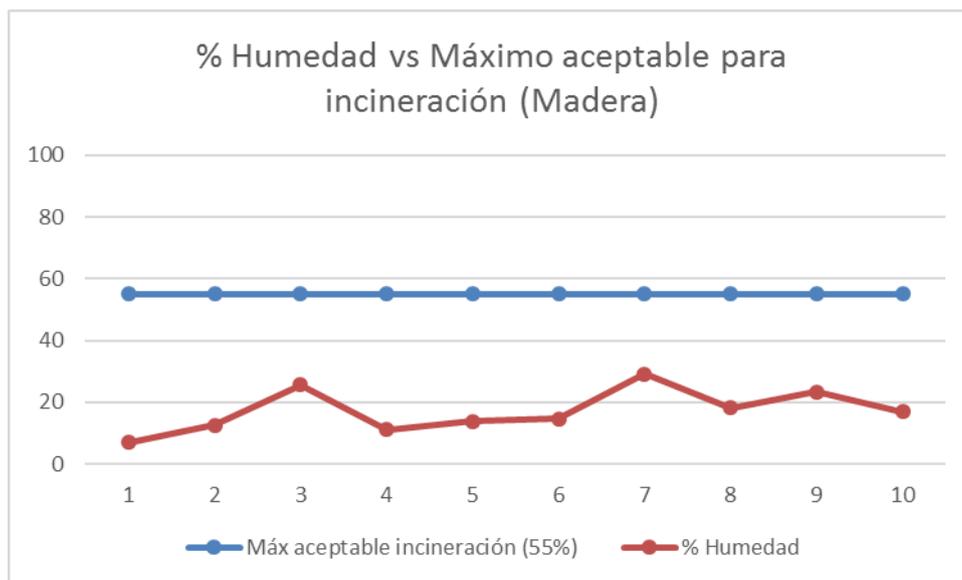


Ilustración 6. Porcentaje de humedad de madera

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016

El porcentaje promedio de la madera es de 16.8367 %. La muestra MC – 07M presenta mayor humedad, siendo esta de 29.0463%. La muestra MC – 01M presenta menor humedad, con un valor de 6.8583%. Todos los valores de humedad de la presente categoría no superan el valor de 55% para una adecuada incineración.

### Materia Orgánica

% Humedad					
No.	Muestra	Peso crisol (g)	Peso crisol + muestra húmeda (g)	Peso crisol + muestra seca (g)	% Humedad
1	MC - 01MO	38,1184	44,1819	41,3327	46,9894
2	MC - 02MO	39,2061	57,5702	43,143	78,5620
3	MC - 03MO	36,994	49,7625	41,3436	65,9349
4	MC - 04MO	37,0241	50,3201	44,1252	46,5922
5	MC - 05MO	37,0251	48,5775	39,7961	76,0136

6	MC - 06MO	37,7795	69,3754	44,9136	77,4208
7	MC - 07MO	37,8632	62,2222	42,2632	81,9369
8	MC - 08MO	36,1673	52,4045	38,9352	82,9533
9	MC - 09MO	38,8395	61,5367	43,7875	78,2000
10	MC - 10MO	38,9395	62,1231	44,6982	75,1605

**Promedio:** 70.9764%

Tabla 11. Cuantificación porcentaje de humedad de materia orgánica

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

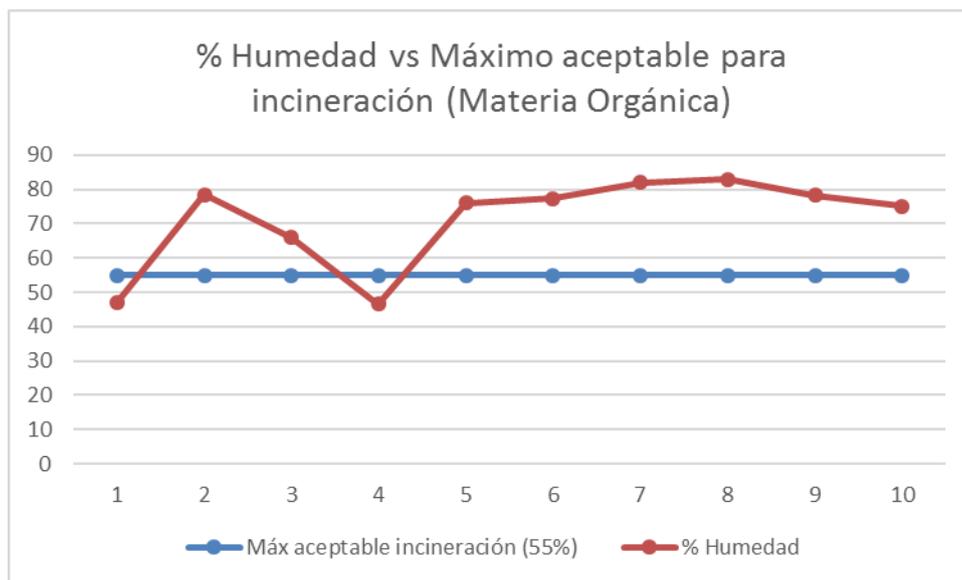


Ilustración 7. Porcentaje de humedad de Materia Orgánica

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

La materia orgánica presenta un valor promedio de humedad de 70.9764%. La muestra MC – 08MO posee un valor de 82.9533 %, siendo este el más alto valor, mientras que la muestra MC – 04MO posee menor valor de humedad, con 46.5922%. Alonso, Martínez y Olías (2003) proponen un 55% de humedad para que el residuo sea apto para procesos de incineración, de los datos obtenidos únicamente MC – 01MO y MC –

04MO cumplen con dicho requerimiento, por lo tanto dicho parámetro analizado diagnostica que la materia orgánica no es un residuo potencial a ser aplicado en procesos de incineración.

RSU	% Humedad
Papel	16,9885
Cartón	18,9656
Madera	16,9656
Materia Orgánica	70,9764

Tabla 12. Resumen porcentaje de humedad RSU Parroquia Limoncocha

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

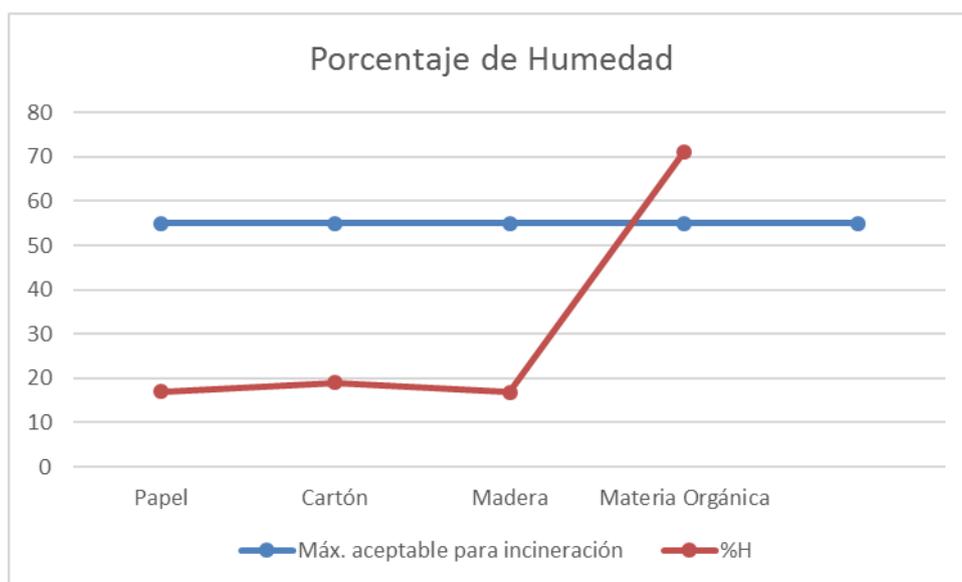


Ilustración 8. Resumen porcentaje de humedad de los RSU de la parroquia Limoncocha

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

Obtenidos todos valores promedio de porcentaje de humedad una vez realizados los análisis, los tipos de RSU: papel, cartón y madera están por debajo del 55 %, lo cual indica que estas categorías son aptas para valorización energética a base de incineración. La materia orgánica sobrepasa dicho valor máximo establecido de humedad, lo que dificultará un aprovechamiento a base de tratamientos térmicos.

#### 4.1.2 Resultados de cuantificación de poder calórico de RSU de la parroquia

##### Limoncocha

##### Papel

Poder Calórico			
No.	Muestra	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
1	MC - 01P	4064	3994
2	MC - 02P	3696	3536
3	MC - 03P	3101	2952
4	MC - 04P	2311	2154
5	MC - 05P	3489	3454
6	MC - 06P	3242	3203
7	MC - 07P	2372	2177
8	MC - 08P	2197	2088
9	MC - 09P	3242	3199
10	MC - 10P	3497	3432
<b>X</b>		3154	3052
<b>ô</b>		619	653

Tabla 13. Cuantificación del poder calórico de papel

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

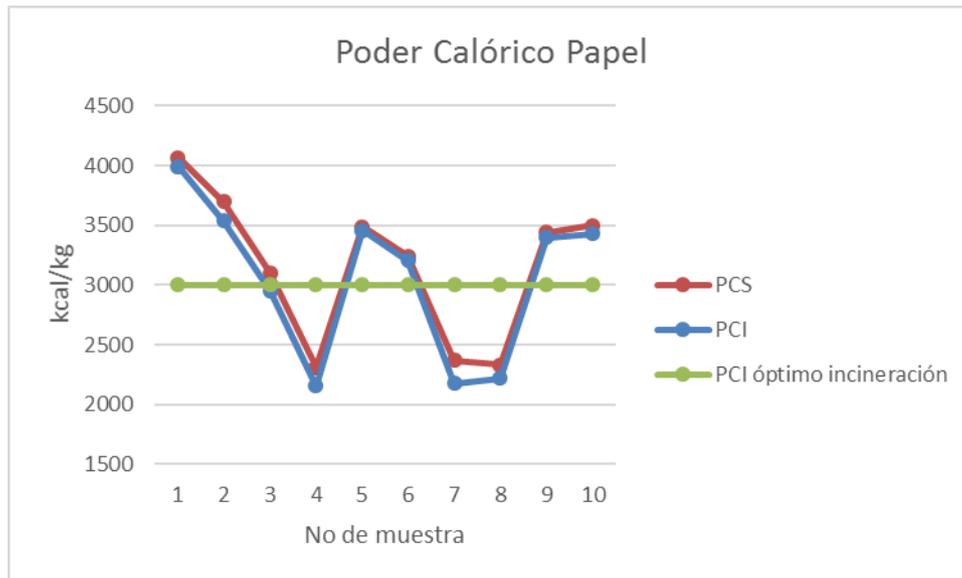


Ilustración 9. Poder calórico papel

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

El PCS y PCI del papel presentan valores promedio de  $3154 \text{ kcal/kg}$  y  $3052 \text{ kcal/kg}$  respectivamente. Los valores de PCS oscilan entre  $2197 \text{ kcal/kg}$  y  $4064 \text{ kcal/kg}$ , mientras que los valores de PCI varían entre  $2177 \text{ kcal/kg}$  y  $3994 \text{ kcal/kg}$ . La desviación estándar del presente RSU es de 619 en PCS y 653 en PCI.

El error relativo porcentual del PCS y PCI está calculado en base a la ecuación No 11. En el PCS se usó como valor exacto  $3596 \text{ kcal/kg}$  resultado obtenido en el estudio anterior, mientras que en el PCI el valor exacto fue de  $3420 \text{ kcal/kg}$ .

$$Er (PCS) = \left| \frac{3154 - 3596}{3596} \right| * 100 = 10.80 \%$$

$$Er (PCI) = \left| \frac{3052 - 3420}{3420} \right| * 100 = 10.76 \%$$

Finalmente se puede apreciar que en seis de los diez meses correspondientes al estudio, el valor de PCI supera las  $3000 \text{ kcal/kg}$  óptimas para tratamientos de incineración.

## Cartón

Poder Calórico			
No.	Muestra	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
1	MC - 01C	3682	3624
2	MC - 02C	3021	2862
3	MC - 03C	4025	3785
4	MC - 04C	3904	3792
5	MC - 05C	3778	3727
6	MC - 06C	3941	3908
7	MC - 07C	3504	3381
8	MC - 08C	4067	4034
9	MC - 09C	4297	4108
10	MC - 10C	4282	4141
<b>X</b>		3850	3736
<b>ô</b>		382	384

Tabla 14. Cuantificación poder calórico de cartón

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

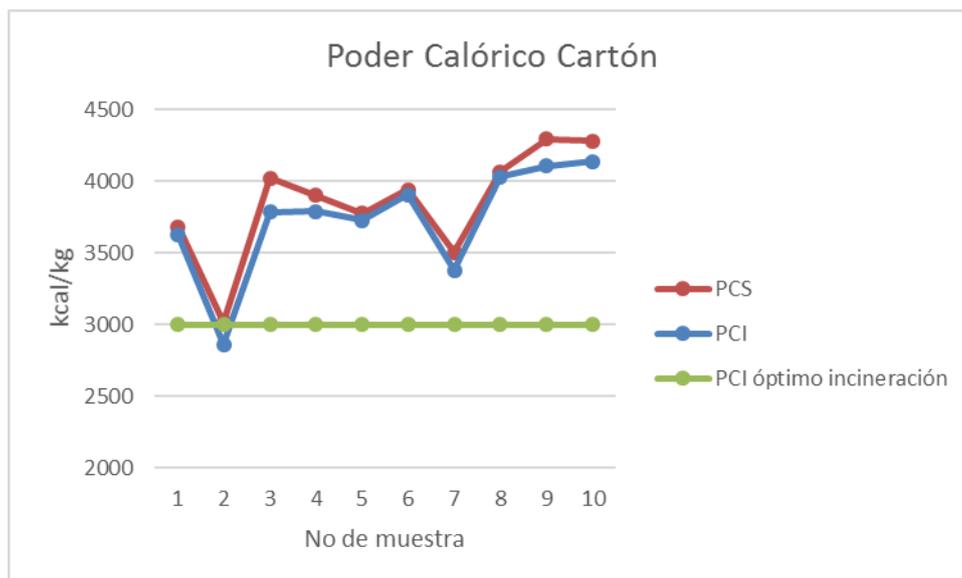


Ilustración 10. Poder calórico del cartón

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

El PCS promedio correspondiente a dicho tipo de RSU tiene un valor de 3850 kcal/kg, mientras que el PCI promedio es de 3736 kcal/kg. La desviación estándar referente al PCS es de 382 y la del PCI es de 384.

Los valores de PCS oscilan entre 4297 kcal/kg y 3021 kcal/kg, mientras que los valores de PCI varían entre 2862 kcal/kg y 4141 kcal/kg.

El error relativo porcentual correspondiente al PCS y PCI del papel está dado por la *Ecuación No 11*. Para el PCS se tomó como valor exacto 3361 kcal/kg, mientras que para el PCI este fue de 3191 kcal/kg.

$$Er (PCS) = \left| \frac{3850 - 3361}{3361} \right| * 100 = 14.55 \%$$

$$Er (PCI) = \left| \frac{3736 - 3191}{3191} \right| * 100 = 17.08 \%$$

Se puede apreciar que únicamente en la muestra MC – 02C correspondiente al mes de septiembre el PCI no supera a las 3000 kcal/kg, parámetro propuesto para un óptimo de aprovechamiento energético.

## Madera

Poder Calórico			
No.	Muestra	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
1	MC - 01M	3578	3537
2	MC - 02M	4100	4024
3	MC - 03M	4387	4234
4	MC - 04M	4713	4647
5	MC - 05M	3842	3758
6	MC - 06M	4383	4295

7	MC - 07M	4463	4289
8	MC - 08M	4607	4499
9	MC - 09M	4946	4807
10	MC - 10M	4564	4483
<b>X</b>		4358	4257
<b>ô</b>		412	393

Tabla 15. Cuantificación del poder calórico de madera

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

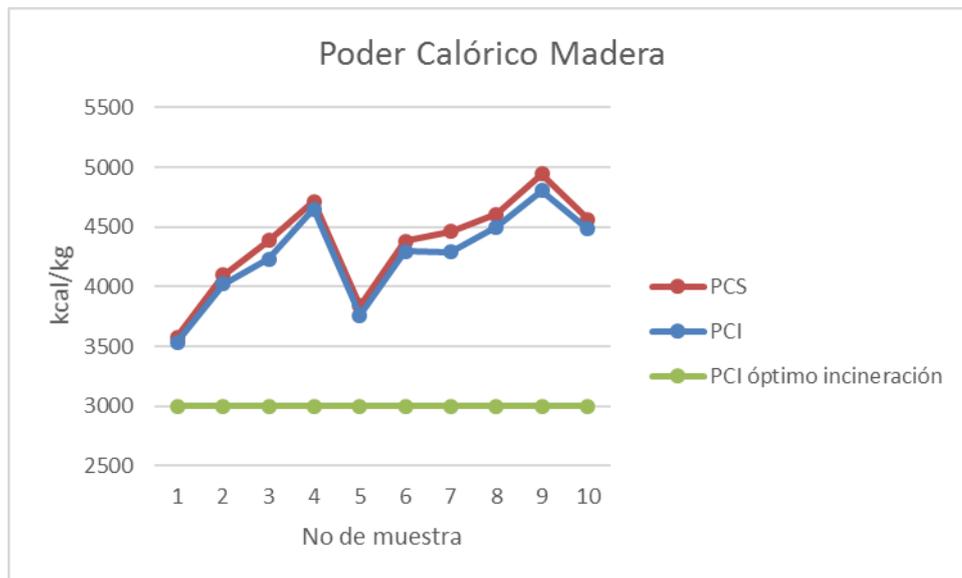


Ilustración 11. Poder calórico madera

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

El PCS y PCI promedio a dicho tipo de RSU es de 4358 kcal/kg y 4257 kcal/kg correspondientemente. La desviación estándar para el PCS es de 412 y para PCI dicho valor fue de 393. Los valores de PCS oscilan entre 3578 kcal/kg y 4946 kcal/kg, mientras que los valores de PCI varían entre 3537 kcal/kg y 4807 kcal/kg.

El error relativo para el PCS y PCI está dado por la *Ecuación 10*. El valor exacto para el PCS es 4543 kcal/kg y para el PCI es 4407 kcal/kg.

$$Er (PCS) = \left| \frac{4358 - 4543}{4543} \right| * 100 = 4.07 \%$$

$$Er (PCI) = \left| \frac{4257 - 4407}{4407} \right| * 100 = 3.40 \%$$

Se puede observar que durante todos los meses de la investigación, el PCI superó las 3000 kcal/kg de PCI, valor óptimo para tratamientos de incineración y posterior aprovechamiento energético.

### Materia Orgánica

Poder Calórico			
No.	Muestra	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
1	MC - 01MO	4265	3983
2	MC - 02MO	4012	3540
3	MC - 03MO	2102	1706
4	MC - 04MO	4378	4099
5	MC - 05MO	3375	2919
6	MC - 06MO	3442	2977
7	MC - 07MO	4162	3670
8	MC - 08MO	4292	3794
9	MC - 09MO	4323	3854
10	MC - 10MO	3944	3493
<b>X</b>		3830	3404
<b>ô</b>		703	713

Tabla 16. Cuantificación del poder calórico de materia orgánica.

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

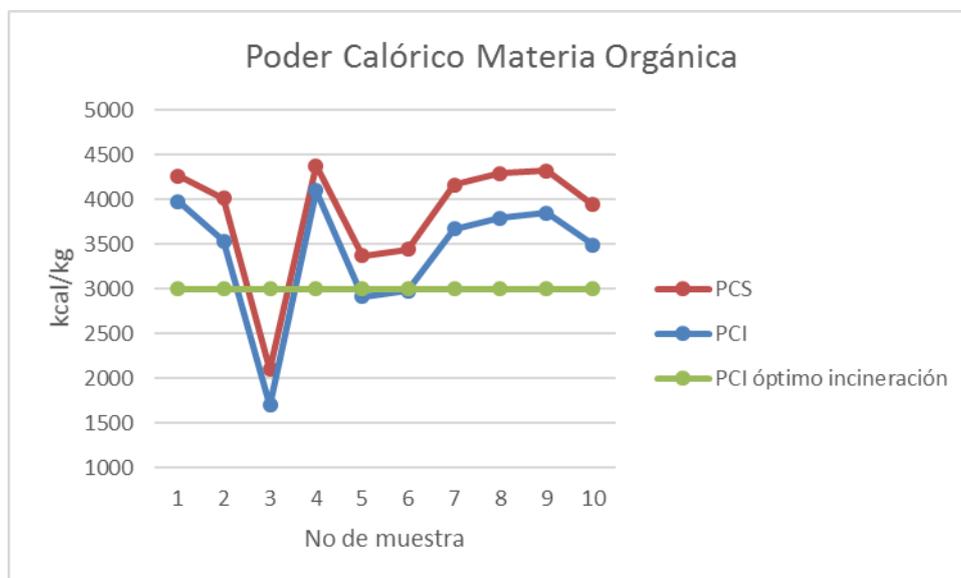


Ilustración 12. Poder calórico materia orgánica

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

El PCS y PCI del papel presentan valores promedio de 3830 kcal/kg y 3404 kcal/kg respectivamente. Los valores de PCS oscilan entre 2102 kcal/kg y 4378 kcal/kg, mientras que los valores de PCI varían entre 1706 kcal/kg y 4099 kcal/kg. La desviación estándar del presente RSU es de 703 en PCS y 713 en PCI.

El error relativo porcentual del PCS y PCI está calculado en base a la ecuación *No 10*. En el PCS se usó como valor exacto 3592 kcal/kg resultado obtenido en el estudio anterior, mientras que en el PCI el valor exacto fue de 3090 kcal/kg.

$$Er (PCS) = \left| \frac{3830 - 3592}{3592} \right| * 100 = 6.63 \%$$

$$Er (PCI) = \left| \frac{3404 - 3090}{3090} \right| * 100 = 10.17\%$$

Finalmente se puede apreciar que en seis de los diez meses correspondientes al estudio, el valor de PCI supera las 3000 kcal/kg óptimas para tratamientos de incineración.

Poder Calórico promedio RSU parroquia Limoncocha		
	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
Papel	3497	3432
Cartón	4282	4141
Madera	4358	4257
Materia Orgánica	3944	3493

Tabla 17. Poder Calórico promedio de RSU parroquia Limoncocha

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

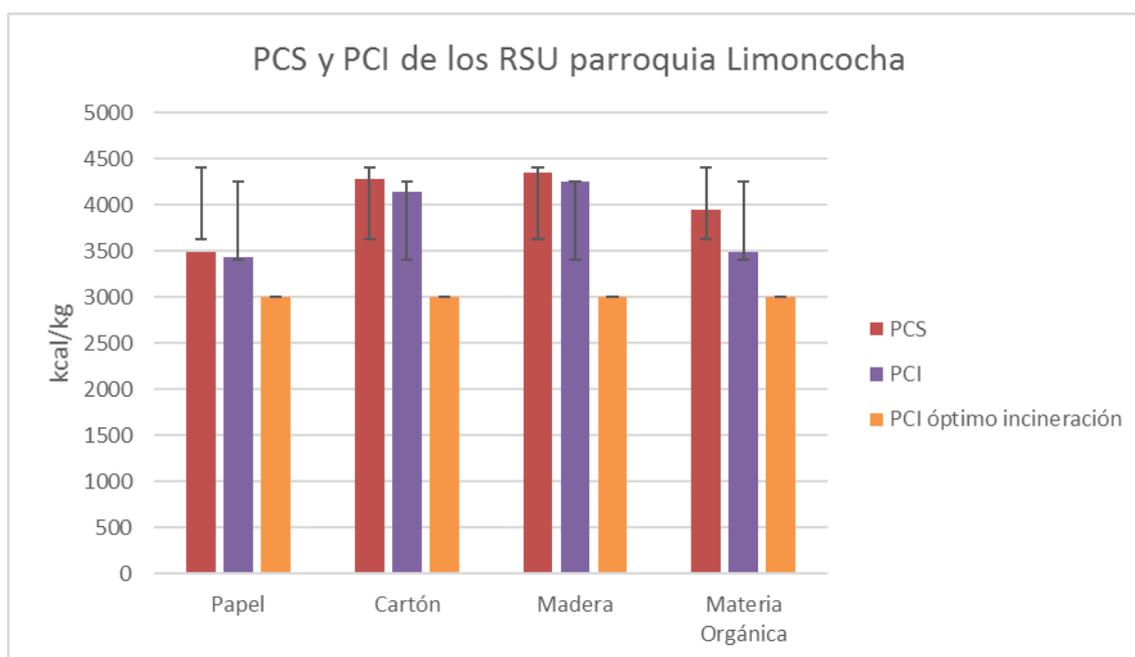


Ilustración 13. Comparación PCS y PCI promedio de los RSU parroquia Limoncocha

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

Al realizar una comparación del poder calórico de los RSU de la parroquia Limoncocha, se pudo determinar que la madera es el RSU con mayor PCS y PCI siendo estos valores de 4282 kcal/kg y 4181 kcal/kg. La humedad promedio de este residuo está por debajo del 55% óptimo para tratamientos de incineración, siendo este valor de 16.84%.

Seguido a la madera, el cartón presenta un favorable poder calórico con PCS de 3782 kcal/kg y PCI de 3668 kcal/kg. Igualmente en este tipo de RSU la humedad promedio no sobrepasa el 55% ya que este posee 18.97%.

El PCS y PCI del papel de igual manera superaron las 3000 kcal/kg óptimas para tratamientos de incineración lo cual puede permitir un favorable aprovechamiento energético. La humedad de dicho residuo fue de 17% lo cual es un valor favorable para tratamientos térmicos.

Finalmente la materia orgánica obtuvo valores de PCS y PCI de 3762 kcal/kg y 3336 kcal/kg, superando las 3000 kcal óptimas, sin embargo su 70.98% de humedad promedio dificultaría realizar tratamientos de incineración y posterior aprovechamiento energético.

#### 4.1.3 Resultados totales de cuantificación de poder calórico de RSU de la parroquia Limoncocha.

Resultados Poder Calórico y Humedad - Papel				
No.	Muestra	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)	% Humedad
1	MC - 01P	4064	3994	11,58
2	MC - 02P	3696	3536	26,53
3	MC - 03P	3101	2952	24,72
4	MC - 04P	2311	2154	26,07
5	MC - 05P	3489	3454	5,79
6	MC - 06P	3242	3203	6,57
7	MC - 07P	2372	2177	32,5
8	MC - 08P	2197	2088	18,07
9	MC - 09P	3242	3199	7,19
10	MC - 10P	3335	3270	10,85
Resultados Poder Calórico y Humedad - Cartón				
No.	Muestra	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)	% Humedad
11	MC - 01C	3682	3624	9,78

12	MC - 02C	3021	2862	26,5
13	MC - 03C	4025	3785	39,88
14	MC - 04C	3904	3792	18,58
15	MC - 05C	3778	3727	8,47
16	MC - 06C	3941	3908	5,52
17	MC - 07C	3504	3381	20,45
18	MC - 08C	3833	3800	5,52
19	MC - 09C	4050	3860	31,57
20	MC - 10C	4084	3943	23,4
<b>Resultados Poder Calórico y Humedad - Madera</b>				
No.	Muestra	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)	% Humedad
21	MC - 01M	3578	3537	6,86
22	MC - 02M	4100	4024	12,55
23	MC - 03M	4387	4234	25,52
24	MC - 04M	4713	4647	11,09
25	MC - 05M	3842	3758	13,87
26	MC - 06M	4383	4295	14,63
27	MC - 07M	4463	4289	29,05
28	MC - 08M	4341	4233	18,07
29	MC - 09M	4661	4521	23,28
30	MC - 10M	4353	4272	13,45
<b>Resultados Poder Calórico y Humedad - Materia Orgánica</b>				
No.	Muestra	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)	% Humedad
31	MC - 01MO	4265	3983	46,99
32	MC - 02MO	4012	3540	78,56
33	MC - 03MO	2102	1706	65,93
34	MC - 04MO	4378	4099	46,59

35	MC - 05MO	3375	2919	76,01
36	MC - 06MO	3442	2977	77,42
37	MC - 07MO	4162	3670	81,94
38	MC - 08MO	4045	3547	82,95
39	MC - 09MO	4074	3605	78,2
40	MC - 10MO	3285	2768	75,16

Tabla 18. Resultados totales de cada mes de Poder Calórico de RSU parroquia Limoncocha.

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

Resumen de Datos PCS				
	Año 2015 PCS (kcal/kg)	Año 2015 - 2016 PCS (kcal/kg)	Error relativo (%)	% Humedad
Papel	3596	3154	10.80	16.9885
Cartón	3361	4282	14.55	18.9656
Madera	4543	4358	4.07	16.9656
Materia Orgánica	3592	3944	6.63	70.9764

Tabla 19. Resumen de datos promedios y error relativo para la cuantificación del PCS

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

Resumen de Datos PCI				
	Año 2015 PCI (kcal/kg)	Año 2015 - 2016 PCI (kcal/kg)	Error relativo (%)	% Humedad
Papel	3420	3432	10.80	16.9885
Cartón	3191	4141	17.08	18.9656
Madera	4407	4257	3.40	16.9656
Materia Orgánica	3090	3493	10.17	70.9764

Tabla 20. Resumen de datos promedios para la cuantificación del PCS

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

## CAPITULO V

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- El presente proyecto de investigación de fin de carrera cumplió con el objetivo general de cuantificar el poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos: papel, cartón, madera y materia orgánica de la comunidad de Limoncocha durante el periodo 2015 – 2016.
- Romero (2010) afirma que para que la incineración sea autosostenida y la recuperación energética sea óptima, es necesario que el PCI de los residuos sólidos urbanos sea mayor a 3000 kcal/kg con lo que se logrará un rendimiento energético entre 20 y 30%. Los residuos sólidos urbanos de la parroquia Limoncocha (papel, cartón, madera y materia orgánica) cumplen con esta consideración; el promedio de PCI de cada residuo sobrepasa dicho límite mínimo planteado.

- Según Alonso, Martínez y Olías (2003) el contenido máximo de humedad de un residuo sólido debe ser de 55% para que sea considerado como materia prima para incineración. Los tipos de residuos: papel, cartón y madera presentaron contenidos de humedad necesarias para ser consideradas como materia prima para dichos procesos, mientras que materia orgánica supero el máximo establecido (55%), por lo tanto este tipo de residuo no podría ser utilizado como materia prima para procesos de incineración.
- Por las características de los residuos, es posible un aprovechamiento energético a base de tratamientos térmicos para los residuos sólidos urbanos: papel, cartón y madera ya que poseen un poder calórico apropiado. La energía liberada podría ser utilizada para distintos fines, sin embargo el volumen de generación de RSU de la parroquia dificulta un aprovechamiento energético, ya que, según Coral (2014) se necesitan por al menos 50000 toneladas al año para realizar procedimientos de incineración.
- A pesar de que la materia orgánica posee un PCI adecuado, su contenido de humedad es un parámetro desfavorable para procesos de incineración y aprovechamiento energético. Para realizar un aprovechamiento energético con dicho residuo primeramente se debería retirar la humedad, lo que demandaría energía y por ende costos.
- La madera presentó un mayor valor promedio de poder calórico (PCI = 4181 y PCS = 4282), por lo que este tipo de residuo tendrá una respuesta favorable para tratamientos de incineración y posterior aprovechamiento energético, sin embargo su volumen de generación dentro de la parroquia Limoncocha es mínimo.
- El resultado de poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos depende de algunas condiciones como: climáticas, de almacenamiento, transporte y conservación. La humedad puede variar debido a dichas condiciones.
- Al realizar la validación del equipo calorimétrico se garantiza la obtención de resultados fiables. El ácido benzoico funciona como sustancia estándar para avalar el correcto funcionamiento del equipo. Pequeñas variaciones de fabricación propias del equipo pueden variar los resultados obtenidos.

- El tiempo de registro de temperatura en el periodo de postcombustión debe ser de 5 minutos, lo que representan 10 mediciones. Este es un requisito que influye en el cálculo de la variable  $r_2$  (velocidad en  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  a la que la temperatura se elevó durante los 5 minutos después del tiempo en que se estabiliza la temperatura).
- La cantidad de oxígeno que se introduzca a la bomba para que la muestra se combustione completamente depende de cada residuo. Con 25 atm para papel y cartón y 30 atm para madera y materia orgánica se obtuvieron adecuados procesos de combustión, estos datos han sido obtenidos a lo largo de la investigación, validando lo ya planteado en trabajos de la UISEK anteriores.
- Se puede establecer que el error relativo porcentual no refleja realmente una validez de metodología en relación al estudio anterior. El error porcentual, a pesar de que se siguió adecuadamente las metodologías de años anteriores depende de la composición del residuo, el cual varió durante todos los meses de la investigación.
- La gestión de los RSU dentro de la parroquia Limoncocha es deficiente. No toda la cantidad de residuos es enviada al servicio de recolección parroquial, lo cual dificulta realizar un aprovechamiento energético; no se conocen los valores reales de generación de la parroquia.
- El sistema de recolección denominado “al pie de vereda” dificulta el aprovechamiento ya que al no estar separados los RSU, dentro de las estaciones de transferencia se demandaría tiempo para realizar esta acción, modificándose así las condiciones propias del residuo.
- Para un adecuado aprovechamiento de los RSU, es necesario realizar una separación en la fuente y una recolección selectiva que permita un manejo integral de los mismos, preservando de esta manera el ecosistema frágil de la parroquia Limoncocha.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que el peso del pellet sea estrictamente entre 0.9 y 1.5 g. Al exceder dicho rango, el equipo calorimétrico sufre averías que representan tiempo y costos.
- La manipulación del pellet debe ser realizada con mucha precaución. Se recomienda el uso de pinzas para evitar de que este se destruya y adquiera humedad.
- A lo largo del desarrollo del proyecto, se recomienda realizar procedimientos periódicos con la sustancia estándar de ácido benzoico para comprobar el adecuado funcionamiento del equipo calorimétrico y de la metodología aplicada.
- El uso de equipos de protección personal es de suma importancia. Es recomendable el uso de los mismos durante las fases de campo y laboratorio para evitar problemas a la salud de la persona que analice la muestra. Además es indispensable la vacunación previa contra fiebre amarilla, hepatitis B, tétanos y tifoidea.
- Durante el muestreo se recomienda aplicar correctamente el procedimiento del Dr. Kunitoshi Sakurai, ya que dicha técnica permite obtener una muestra representativa, además de ser un procedimiento reconocido internacionalmente y está avalado por el CEPIS.
- Antes de analizar la muestra, se recomienda mantener a la misma en un lugar adecuado para que esta conserve sus características propias. La refrigeración es de suma importancia para mantener las condiciones originales de la muestra.
- Es recomendable analizar las muestras de residuos lo más pronto posible con la finalidad de evitar cambios significativos de las condiciones originales del residuo. La variación del porcentaje de humedad influye directamente en la cuantificación del poder calórico.
- Debido a que el volumen de generación de materia orgánica es mayor en la parroquia Limoncocha, se recomienda analizar tratamientos como biometanización o producción de bioalcohol para la obtención de energías alternativas a partir de RSU.
- No se recomienda analizar el poder calórico de plásticos, debido que la incineración de este tipo de residuo genera compuestos tóxicos como dioxinas y

furanos comprometiendo un riesgo para la salud y el medioambiente. El reciclaje es la mejor alternativa para el aprovechamiento de dicho tipo de residuo.

- Se recomienda que en la parroquia Limoncocha se dé un sistema de separación de RSU dentro de la fuente. Dicha parroquia al poseer una población relativamente baja, demandaría menor cantidad de recursos para realizar talleres de capacitación que en un futuro facilitaría el aprovechamiento energético.
- Es necesario que se dé una gestión integral de los RSU en la parroquia Limoncocha, ya que este lugar comprende un ecosistema frágil. Es de suma importancia establecer tratamientos alternativos al tradicional “botadero a cielo abierto”. Se debe completar las 50000 toneladas anuales de RSU tomando en cuenta a poblaciones aledañas a la parroquia Limoncocha para realizar un aprovechamiento energético.

## CAPITULO VI

### **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Alonso, C., Martínez, E., & Olías, J. (2003). Manual para la Gestión de los Residuos Urbanos. Madrid: Editora LA LEY.
- Ayala, Inés (2013). Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos del DMQ. UISEK, Quito – Ecuador
- Bastidas (2008). Plan de Manejo de la Reserva Biológica Limoncocha. Ministerio del Ambiente – Ecuador. Diciembre 2011.
- Castells, X. (2012). Tratamiento y valorización energética de residuos. España: Ediciones Díaz – Santos.
- CEPIS (2010). Guía para la definición y clasificación de residuos sólidos peligrosos. Recuperado de: [http://www.icesi.edu.co/blogs/manejousorsi201002/files/2010/08/GUIA-PARA-LA-DEFINICION-Y-CLASIFICACION-DE-RESIDUOS-PELIGROSOS\\_CEPIS.pdf](http://www.icesi.edu.co/blogs/manejousorsi201002/files/2010/08/GUIA-PARA-LA-DEFINICION-Y-CLASIFICACION-DE-RESIDUOS-PELIGROSOS_CEPIS.pdf)
- Constitución de la Republica Ecuador, Registro Oficial N° 1 del 11 de Agosto (2008)
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, Registro Oficial N° 303 del 19 de Octubre del 2010.
- Coral, K. (2014). Cátedra de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos. UISEK. Quito – Ecuador.
- Earl (1975) Lee todo en: Poder calórico | La Guía de Química <http://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/poder-calorifico#ixzz44xuS72sw>
- Energía (2012). Aprovechamiento Energético de residuos: neumáticos fuera de uso. Recuperado de: <http://www.energia2012.es/sobre-energ%C3%ADa/otras-fuentes-de-energ%C3%ADa/aprovechamiento-energ%C3%A9tico-de-residuos-neum%C3%A1ticos-fuera-de-0>
- EOI (2007). Contaminación Ambiental: Residuos Sólidos Urbanos. Recuperado de: [http://api.eoi.es/api\\_v1\\_dev.php/fedora/asset/eoi:45492/componente45490.pdf](http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45492/componente45490.pdf)

- EUEI (2008). Amazonía: Energías Renovables, Electrificación Rural y Desarrollo Humano Sostenible. Recuperado de: [http://fedeta.org/web\\_publicaciones/otros/Sintesis%20Seminario%20Amazonia.pdf](http://fedeta.org/web_publicaciones/otros/Sintesis%20Seminario%20Amazonia.pdf)
- Fernández, J. (2013). Poder Calorífico. Universidad Tecnológica Nacional. Mendoza – Argentina, pp 12 – 16.
- García, H. & Toro, Z. (2000). Fundamentos del Manejo de los residuos sólidos urbanos. Colección Senior 24. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España. 756 pp.
- Gobierno autónomo descentralizado municipal del cantón Shushufindi (2010), Limoncocha , recuperado en : <http://www.shushufindi.gob.ec/pagina.php?vamenu=4>
- Laboratorio de Suelos y Agua de Sánchez Peña (2005). Procedimientos de Técnicas para Análisis Químico de Suelos. Argentina, Chaco: Estación Experimental Agropecuaria.
- Ley de Gestión Ambiental, Codificación 19, Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de Septiembre del 2007
- López (2010). Aprovechamiento energético de residuos: El caso de los neumáticos fuera de uso. Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. España.
- MAE (2015). Hitos en la Gestión Integral de Residuos Sólidos en Ecuador. Recuperado de: <http://www.ambiente.gob.ec/hitos-en-la-gestion-integral-de-los-residuos-sólidos-en-ecuador/>
- MAE (2015). Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente “TULSMA”. Libro VI Quito – Ecuador.
- Marañón, K. (2015). Modelo de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en la Cabecera Parroquial de Limoncocha. Año 2015. UISEK. Quito – Ecuador
- Montalvo, P. (2015). Determinación de la concentración de metales pesados de las cenizas obtenidas en el proceso de incineración de los residuos sólidos urbanos de la reserva biológica Limoncocha, vía residuo y vía lixiviado. UISEK. Quito – Ecuador.

- Morales, P. (2012). Tamaño necesario de la muestra: ¿Cuántos sujetos necesitamos? Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Humanidades. Madrid. España.
- Moratorio, D. I, Rocco. M, Castelli (2012). Conversión de Residuos Sólidos Urbanos en Energía. pp 20 – 25.
- Moscoso (2013). Ecuador Tierra Incógnita. Yasuní. Vol 1. No 85, pp 4 – 5.
- Murray, R. estadística. México: Editorial Mc Graw – Hill.
- Pacheco, F. (2015). Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos de Limoncocha. UISEK. Quito – Ecuador.
- Parr Instrument Company. (s.f). Operating Instruction Manual. Oxigen Bomb Calorimeter No. 204 M. Illinois: Parr
- Partido político avanza (s/f) PLAN DE TRABAJO PARA LA CANDIDATURA A LA JUNTA PARROQUIAL “LIMONCOCHA” CANDIDATOS: NOMINA DE CANDIDATOS PARA LA PARROQUIA LIMONCOCHA. Periodo 2014-2019.- (PTL-2014-2019)
- Ribadeneira, J. (2014). Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos del Distrito Metropolitano de Quito. Año 2013 – 2014. UISEK. Quito – Ecuador.
- Salvador (2012). Incineración de Residuos Sólidos Urbanos. Universidad Complutense de Madrid. Madrid – España, pp 12 – 15.
- Universidad de Cantabria (2010). Ejercicios de Estadística – Estadística Aplicada. España.
- Vesco (2006). Residuos Sólidos Urbanos: Su gestión integral en Argentina. Universidad Abierta Interamericana. Buenos Aires – Argentina, pp 12.

## ANEXOS

### ANEXO A. Registro Fotográfico



Imagen No 2. Aplicación del método de muestreo

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.



Imagen No 3. Transporte de muestras

Elaborado por: Pamela Montalvo, 2015.



Imagen No 4. Picado de muestras

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.



Imagen No 5. Secado de muestras

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.



Imagen No 6. Pelletizado de muestras

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.



Imagen No 7. Montaje de pellet en bomba calorimétrica

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.



Imagen No 8. Ingreso de oxígeno a presión para la combustión  
Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.



Imagen No 9. Combustión de muestras  
Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.



Imagen No 10. Toma de temperaturas de combustión  
Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.



Imagen No 11. Proceso de titulación

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

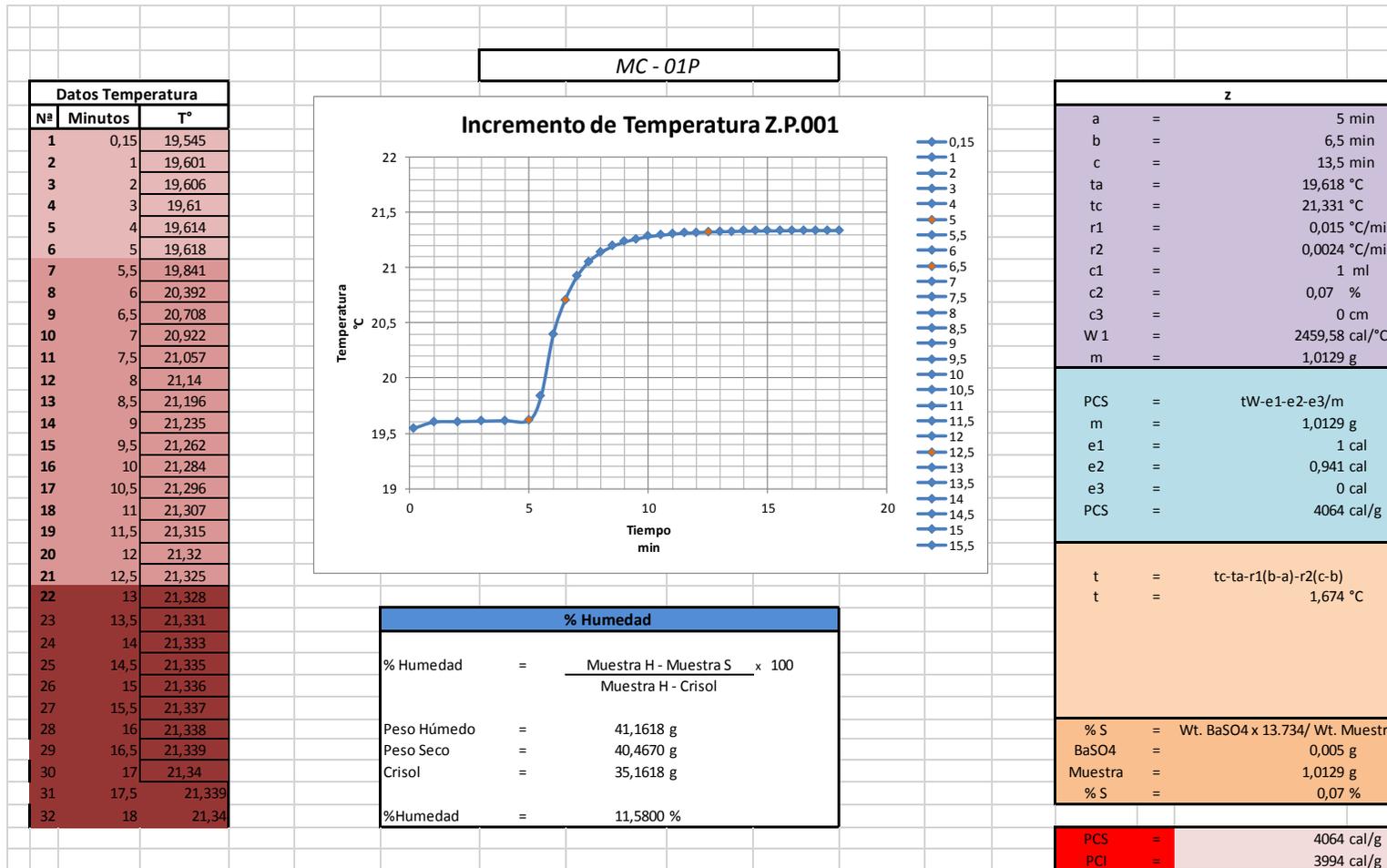


Imagen No 12. Determinación de porcentaje de azufre por diferencia de peso

Elaborado por: Juan Martín Cabrera, 2016.

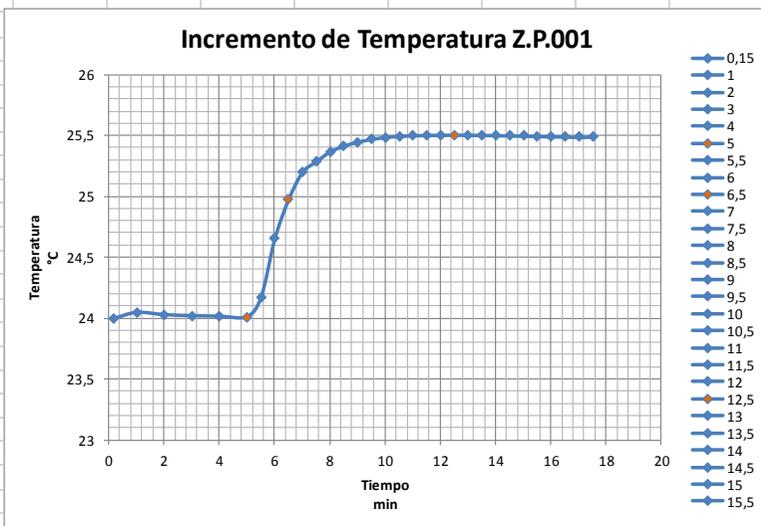
ANEXO B. Ensayos individuales de combustión y titulación (Tablas y gráficos elaborados por: Juan Martín Cabrera, 2016)

Papel



MC - 02P

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	T°
1	0,15	23,993
2	1	24,045
3	2	24,026
4	3	24,018
5	4	24,013
6	5	24,01
7	5,5	24,169
8	6	24,652
9	6,5	24,975
10	7	25,198
11	7,5	25,286
12	8	25,367
13	8,5	25,415
14	9	25,447
15	9,5	25,47
16	10	25,486
17	10,5	25,495
18	11	25,5
19	11,5	25,503
20	12	25,504
21	12,5	25,505
22	13	25,504
23	13,5	25,503
24	14	25,501
25	14,5	25,499
26	15	25,497
27	15,5	25,494
28	16	25,492
29	16,5	25,49
30	17	25,487
31	17,5	25,49
32	18	25,485



**% Humedad**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	=	43,8110 g
Peso Seco	=	42,2325 g
Crisol	=	37,8601 g
%Humedad	=	26,5254 %

**z**

a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	12 min
ta	=	24,010 °C
tc	=	25,504 °C
r1	=	0,003 °C/min
r2	=	-0,0026 °C/min
c1	=	0,8 ml
c2	=	0,47 %
c3	=	0 cm
W 1	=	2459,58 cal/°C
m	=	0,9985 g

PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9985 g
e1	=	0,8 cal
e2	=	6,378 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	3696 cal/g

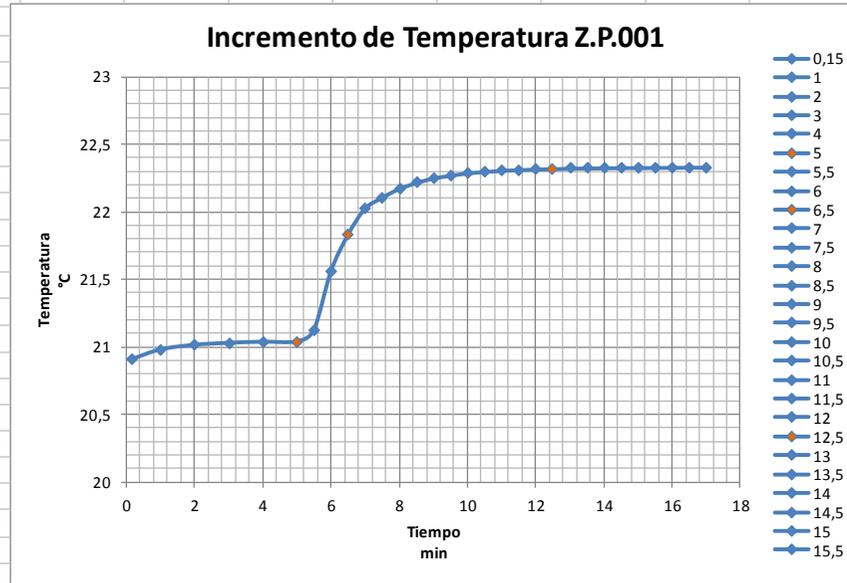
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,503 °C

% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0339 g
Muestra	=	0,9985 g
% S	=	0,47 %

PCS	=	3696 cal/g
PCI	=	3536 cal/g

MC - 03P

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	20,905
2	1	20,978
3	2	21,012
4	3	21,027
5	4	21,035
6	5	21,038
7	5,5	21,125
8	6	21,559
9	6,5	21,83
10	7	22,024
11	7,5	22,105
12	8	22,171
13	8,5	22,215
14	9	22,249
15	9,5	22,269
16	10	22,287
17	10,5	22,297
18	11	22,306
19	11,5	22,311
20	12	22,316
21	12,5	22,319
22	13	22,322
23	13,5	22,324
24	14	22,325
25	14,5	22,327
26	15	22,327
27	15,5	22,328
28	16	22,329
29	16,5	22,33
30	17	22,33
31	17,5	22,32
32	18	22,33

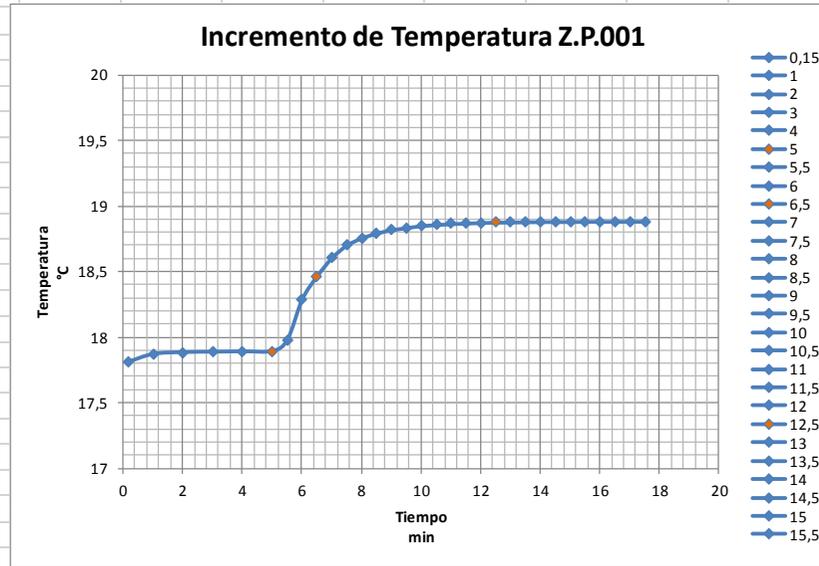


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 44,0375 g
Peso Seco	= 42,5203 g
Crisol	= 37,8998 g
%Humedad	= 24,7194 %

z	
a	= 5 min
b	= 6,5 min
c	= 16 min
ta	= 21,038 °C
tc	= 22,329 °C
r1	= 0,027 °C/min
r2	= 0,0038 °C/min
c1	= 0,8 ml
c2	= 0,09 %
c3	= 0 cm
W 1	= 2459,58 cal/°C
m	= 0,9632 g
PCS	= -e1-e2-e3/m
m	= 0,9632 g
e1	= 0,8 cal
e2	= 1,185 cal
e3	= 0 cal
PCS	= 3101 cal/g
t	= (b-a)-r2(c-b)
t	= 1,215 °C
% S	= Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	= 0,0063 g
Muestra	= 0,9632 g
% S	= 0,09 %
PCS	= 3101 cal/g
PCI	= 2952 cal/g

MC - 04P

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	17,808
2	1	17,869
3	2	17,883
4	3	17,886
5	4	17,889
6	5	17,892
7	5,5	17,977
8	6	18,288
9	6,5	18,464
10	7	18,605
11	7,5	18,701
12	8	18,756
13	8,5	18,793
14	9	18,818
15	9,5	18,835
16	10	18,85
17	10,5	18,858
18	11	18,865
19	11,5	18,87
20	12	18,874
21	12,5	18,877
22	13	18,878
23	13,5	18,88
24	14	18,881
25	14,5	18,882
26	15	18,882
27	15,5	18,883
28	16	18,883
29	16,5	18,883
30	17	18,884
31	17,5	18,883
32	18	18,883

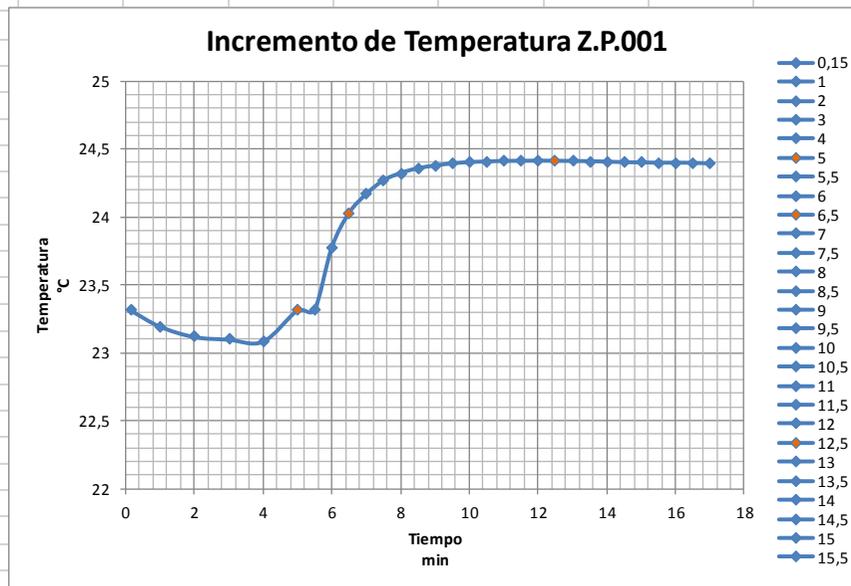


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 42,8413 g
Peso Seco	= 40,3641 g
Crisol	= 33,3409 g
%Humedad	= 26,0747 %

z	
a	= 5 min
b	= 6,5 min
c	= 13,5 min
ta	= 17,892 °C
tc	= 18,880 °C
r1	= 0,017 °C/min
r2	= 0,0026 °C/min
c1	= 0,6 ml
c2	= 0,27 %
c3	= 0 cm
W 1	= 2459,58 cal/°C
m	= 1,0036 g
PCS	= -e1-e2-e3/m
m	= 1,0036 g
e1	= 0,6 cal
e2	= 3,744 cal
e3	= 0 cal
PCS	= 2311 cal/g
t	= (b-a)-r2(c-b)
t	= 0,945 °C
% S	= Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	= 0,0199 g
Muestra	= 1,0036 g
% S	= 0,27 %
PCS	= 2311 cal/g
PCI	= 2154 cal/g

MC - 05P

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	T°
1	0,15	23,312
2	1	23,194
3	2	23,118
4	3	23,099
5	4	23,084
6	5	23,313
7	5,5	23,319
8	6	23,775
9	6,5	24,027
10	7	24,166
11	7,5	24,267
12	8	24,321
13	8,5	24,356
14	9	24,376
15	9,5	24,392
16	10	24,401
17	10,5	24,406
18	11	24,41
19	11,5	24,411
20	12	24,412
21	12,5	24,411
22	13	24,41
23	13,5	24,408
24	14	24,405
25	14,5	24,401
26	15	24,399
27	15,5	24,397
28	16	24,397
29	16,5	24,396
30	17	24,392
31	17,5	24,393
32	18	24,394

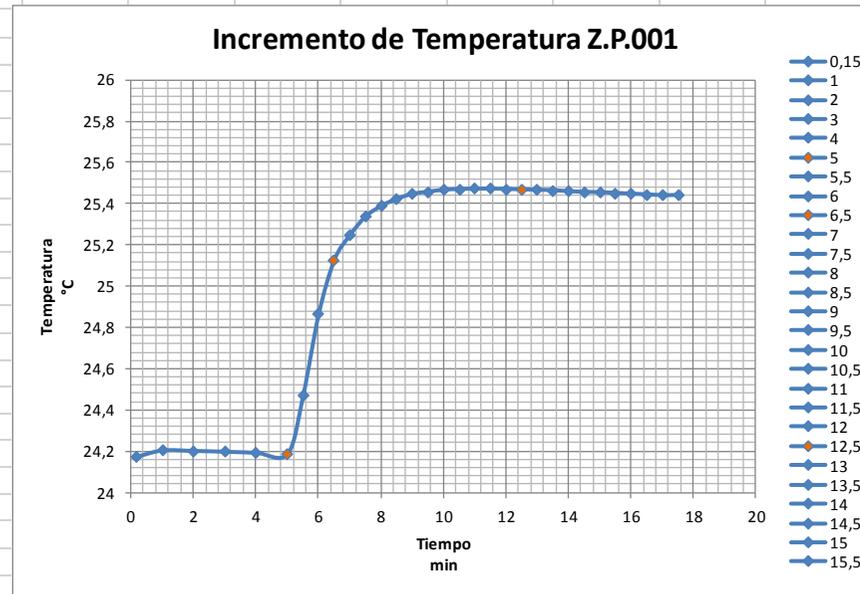


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 41,3553 g
Peso Seco	= 41,0760 g
Crisol	= 36,5313 g
%Humedad	= 5,7898 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	15 min
ta	=	22,418 °C
tc	=	23,846 °C
r1	=	0,000 °C/min
r2	=	-0,0030 °C/min
c1	=	1,1 ml
c2	=	0,01 %
c3	=	0 cm
W1	=	2457,09 cal/°C
m	=	1,023 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,023 g
e1	=	1,1 cal
e2	=	0,075 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	3489 cal/g
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,453 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0004 g
Muestra	=	1,023 g
% S	=	0,01 %
PCS	=	3489 cal/g
PCI	=	3454 cal/g

MC - 06P

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	24,172
2	1	24,203
3	2	24,201
4	3	24,197
5	4	24,192
6	5	24,186
7	5,5	24,469
8	6	24,865
9	6,5	25,126
10	7	25,246
11	7,5	25,336
12	8	25,387
13	8,5	25,422
14	9	25,445
15	9,5	25,456
16	10	25,465
17	10,5	25,469
18	11	25,47
19	11,5	25,471
20	12	25,469
21	12,5	25,467
22	13	25,465
23	13,5	25,463
24	14	25,458
25	14,5	25,455
26	15	25,453
27	15,5	25,45
28	16	25,446
29	16,5	25,443
30	17	25,439
31	17,5	25,44
32	18	25,439

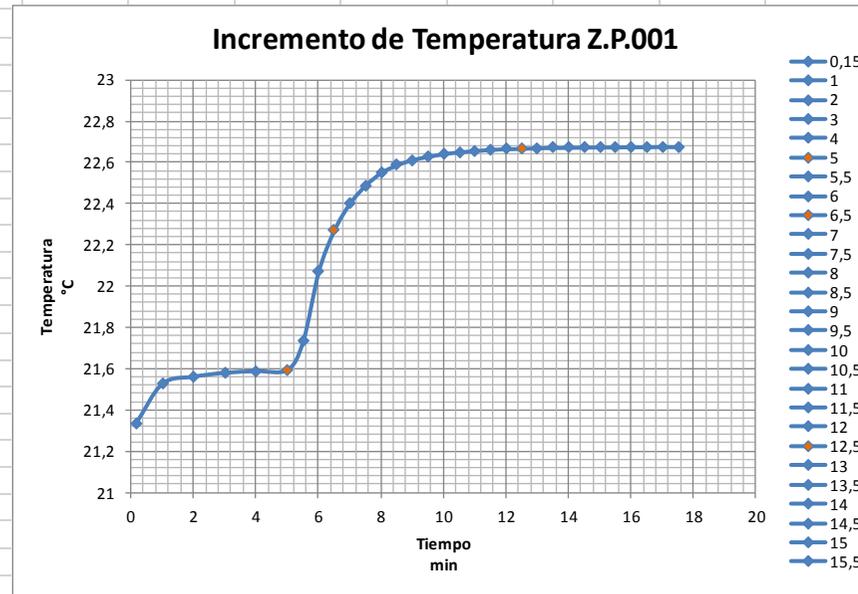


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 46,3006 g
Peso Seco	= 45,8895 g
Crisol	= 40,0426 g
%Humedad	= 6,5692 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	14 min
ta	=	24,186 °C
tc	=	25,458 °C
r1	=	0,003 °C/min
r2	=	-0,0056 °C/min
c1	=	0,9 ml
c2	=	0,73 %
c3	=	0 cm
W1	=	2359,58 cal/°C
m	=	0,9501 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9501 g
e1	=	0,9 cal
e2	=	9,483 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	3242 cal/g
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,310 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0504 g
Muestra	=	0,9501 g
% S	=	0,73 %
PCS	=	3242 cal/g
PCI	=	3203 cal/g

MC - 07P

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	21,335
2	1	21,528
3	2	21,562
4	3	21,581
5	4	21,589
6	5	21,595
7	5,5	21,732
8	6	22,071
9	6,5	22,271
10	7	22,401
11	7,5	22,488
12	8	22,55
13	8,5	22,587
14	9	22,612
15	9,5	22,628
16	10	22,641
17	10,5	22,65
18	11	22,656
19	11,5	22,662
20	12	22,665
21	12,5	22,667
22	13	22,67
23	13,5	22,671
24	14	22,672
25	14,5	22,673
26	15	22,674
27	15,5	22,674
28	16	22,675
29	16,5	22,675
30	17	22,676
31	17,5	22,675
32	18	22,676

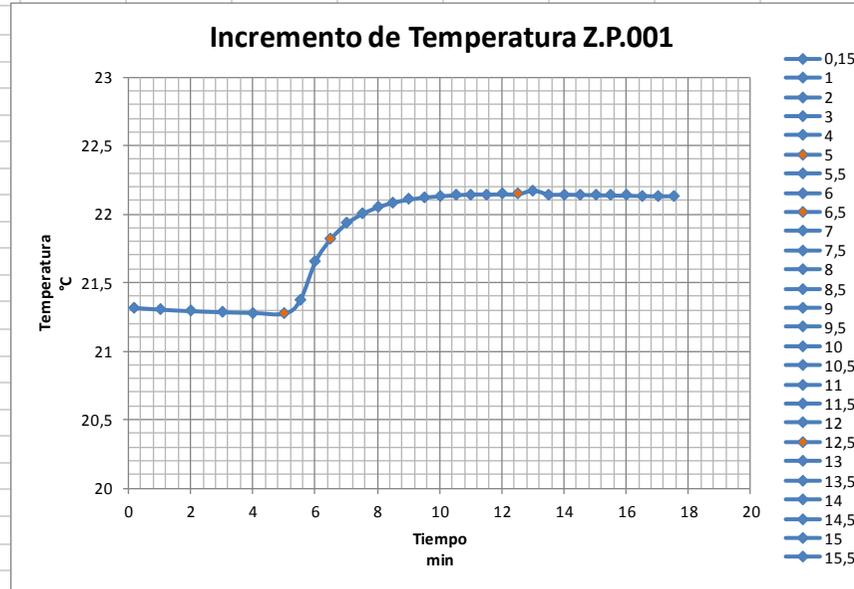


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 48,3569 g
Peso Seco	= 45,6784 g
Crisol	= 40,1165 g
%Humedad	= 32,5045 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	13 min
ta	=	21,595 °C
tc	=	22,670 °C
r1	=	0,052 °C/min
r2	=	0,0026 °C/min
c1	=	1,2 ml
c2	=	0,19 %
c3	=	0 cm
W1	=	2459,58 cal/°C
m	=	1,0148 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,0148 g
e1	=	1,2 cal
e2	=	2,709 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	2372 cal/g
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	0,980 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0144 g
Muestra	=	1,0148 g
% S	=	0,19 %
PCS	=	2372 cal/g
PCI	=	2177 cal/g

MC - 08P

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	21,318
2	1	21,304
3	2	21,293
4	3	21,285
5	4	21,28
6	5	21,275
7	5,5	21,371
8	6	21,658
9	6,5	21,823
10	7	21,933
11	7,5	22,003
12	8	22,052
13	8,5	22,086
14	9	22,108
15	9,5	22,123
16	10	22,133
17	10,5	22,14
18	11	22,146
19	11,5	22,146
20	12	22,147
21	12,5	22,148
22	13	22,174
23	13,5	22,146
24	14	22,145
25	14,5	22,143
26	15	22,141
27	15,5	22,139
28	16	22,137
29	16,5	22,135
30	17	22,133
31	17,5	22,134
32	18	22,133

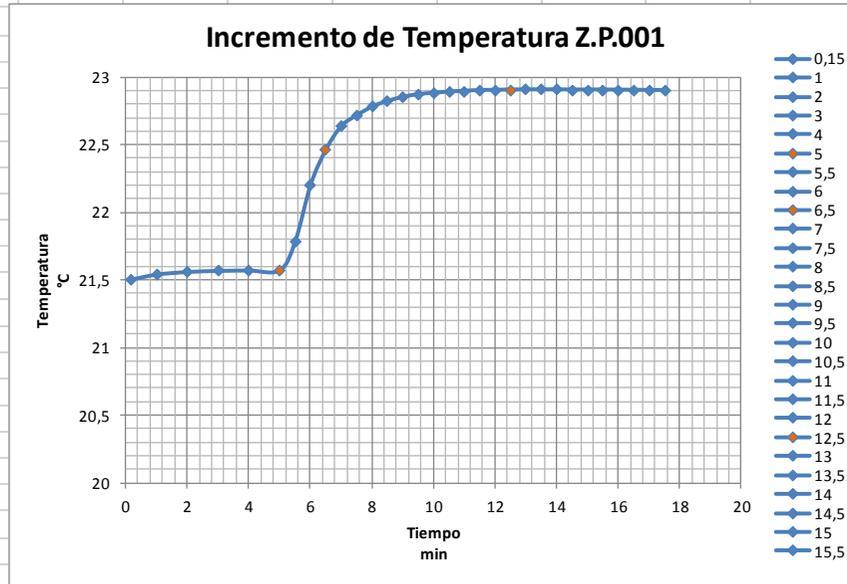


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 44,2444 g
Peso Seco	= 43,1453 g
Crisol	= 38,1636 g
%Humedad	= 18,0749 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	15,5 min
ta	=	21,275 °C
tc	=	22,139 °C
r1	=	-0,009 °C/min
r2	=	-0,0022 °C/min
c1	=	1,4 ml
c2	=	0,16 %
c3	=	0 cm
W1	=	2604,567 cal/°C
m	=	1,0005 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,0005 g
e1	=	1,4 cal
e2	=	2,145 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	2331 cal/g
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	0,897 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0114 g
Muestra	=	1,0005 g
% S	=	0,16 %
PCS	=	2331 cal/g
PCI	=	2222 cal/g

MC - 09P

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	21,502
2	1	21,54
3	2	21,559
4	3	21,567
5	4	21,57
6	5	21,572
7	5,5	21,787
8	6	22,204
9	6,5	22,463
10	7	22,635
11	7,5	22,714
12	8	22,778
13	8,5	22,819
14	9	22,849
15	9,5	22,869
16	10	22,879
17	10,5	22,888
18	11	22,894
19	11,5	22,899
20	12	22,901
21	12,5	22,903
22	13	22,904
23	13,5	22,904
24	14	22,904
25	14,5	22,903
26	15	22,903
27	15,5	22,903
28	16	22,902
29	16,5	22,901
30	17	22,9
31	17,5	22,899
32	18	22,899

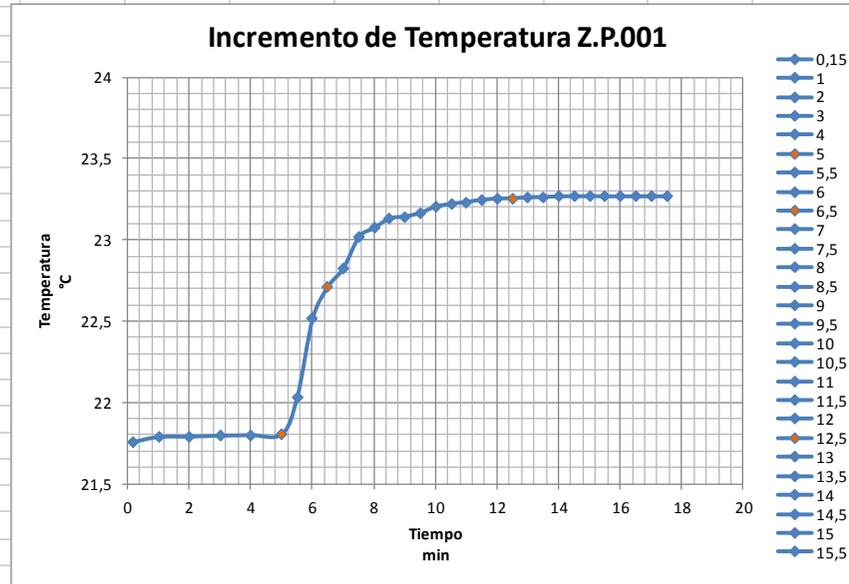


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 41,0929 g
Peso Seco	= 40,6375 g
Crisol	= 34,7616 g
%Humedad	= 7,1928 %

z	
a	= 5 min
b	= 6,5 min
c	= 13 min
ta	= 21,572 °C
tc	= 22,904 °C
r1	= 0,014 °C/min
r2	= 0,0004 °C/min
c1	= 1,2 ml
c2	= 0,77 %
c3	= 0 cm
W1	= 2604,567 cal/°C
m	= 0,9872 g
PCS	= -e1-e2-e3/m
m	= 0,9872 g
e1	= 1,2 cal
e2	= 10,373 cal
e3	= 0 cal
PCS	= 3440 cal/g
t	= (b-a)-r2(c-b)
t	= 1,308 °C
% S	= Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	= 0,05513 g
Muestra	= 0,9872 g
% S	= 0,77 %
PCS	= 3440 cal/g
PCI	= 3397 cal/g

MC - 010P

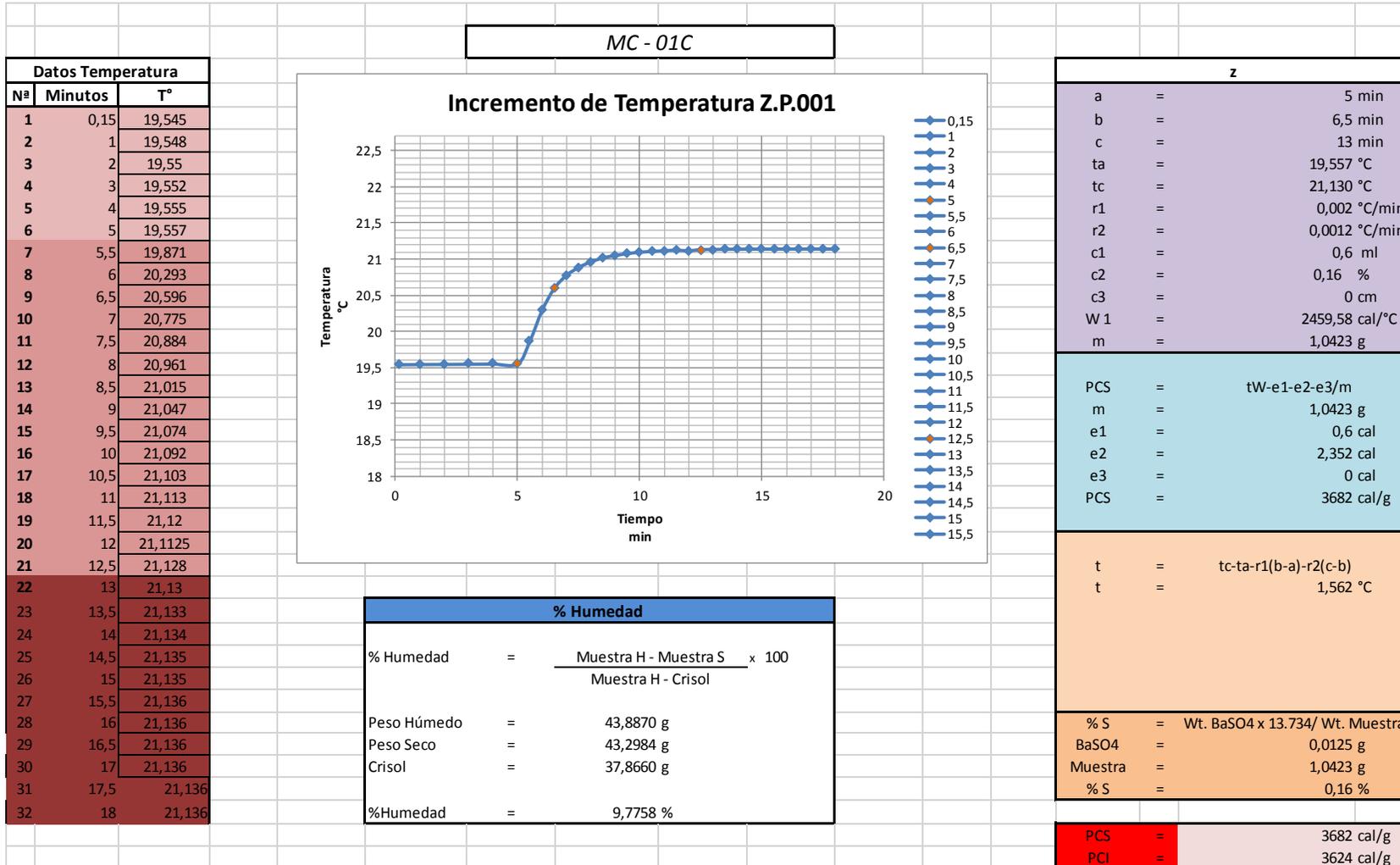
Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	21,753
2	1	21,785
3	2	21,787
4	3	21,793
5	4	21,796
6	5	21,802
7	5,5	22,031
8	6	22,514
9	6,5	22,71
10	7	22,824
11	7,5	23,015
12	8	23,072
13	8,5	23,13
14	9	23,142
15	9,5	23,165
16	10	23,203
17	10,5	23,22
18	11	23,232
19	11,5	23,245
20	12	23,252
21	12,5	23,255
22	13	23,26
23	13,5	23,262
24	14	23,266
25	14,5	23,266
26	15	23,267
27	15,5	23,266
28	16	23,266
29	16,5	23,266
30	17	23,266
31	17,5	23,266
32	18	23,266



% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 46,3556 g
Peso Seco	= 45,6784 g
Crisol	= 40,1165 g
%Humedad	= 10,8541 %

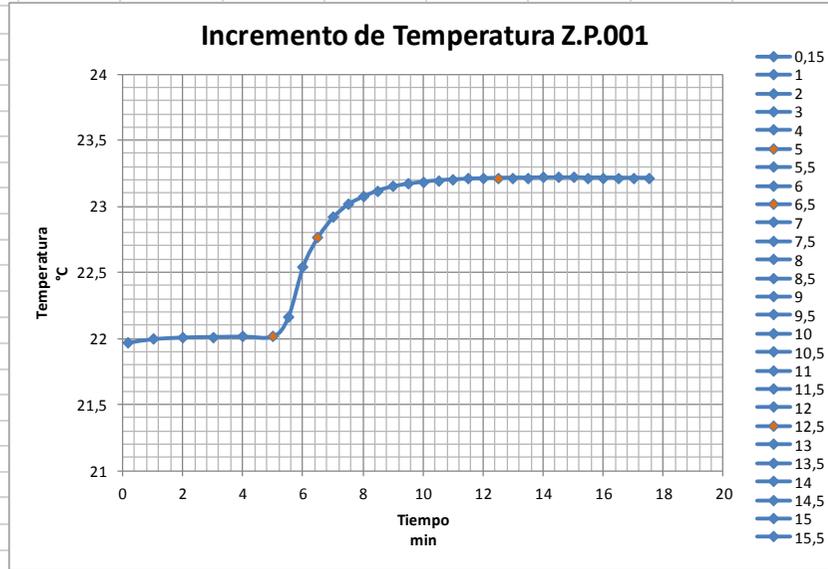
z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	13 min
ta	=	21,802 °C
tc	=	23,260 °C
r1	=	0,010 °C/min
r2	=	0,0042 °C/min
c1	=	1 ml
c2	=	0,20 %
c3	=	0 cm
W1	=	2573,685 cal/°C
m	=	1,041 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,041 g
e1	=	1 cal
e2	=	2,804 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	3497 cal/g
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,416 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0149 g
Muestra	=	1,041 g
% S	=	0,20 %
PCS	=	3497 cal/g
PCI	=	3432 cal/g

# Cartón



MC - 02C

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	T°
1	0,15	21,965
2	1	21,992
3	2	22,005
4	3	22,009
5	4	22,012
6	5	22,013
7	5,5	22,157
8	6	22,544
9	6,5	22,765
10	7	22,914
11	7,5	23,012
12	8	23,07
13	8,5	23,117
14	9	23,148
15	9,5	23,167
16	10	23,182
17	10,5	23,193
18	11	23,2
19	11,5	23,205
20	12	23,209
21	12,5	23,212
22	13	23,213
23	13,5	23,214
24	14	23,215
25	14,5	23,215
26	15	23,215
27	15,5	23,214
28	16	23,214
29	16,5	23,213
30	17	23,212
31	17,5	23,213
32	18	23,212

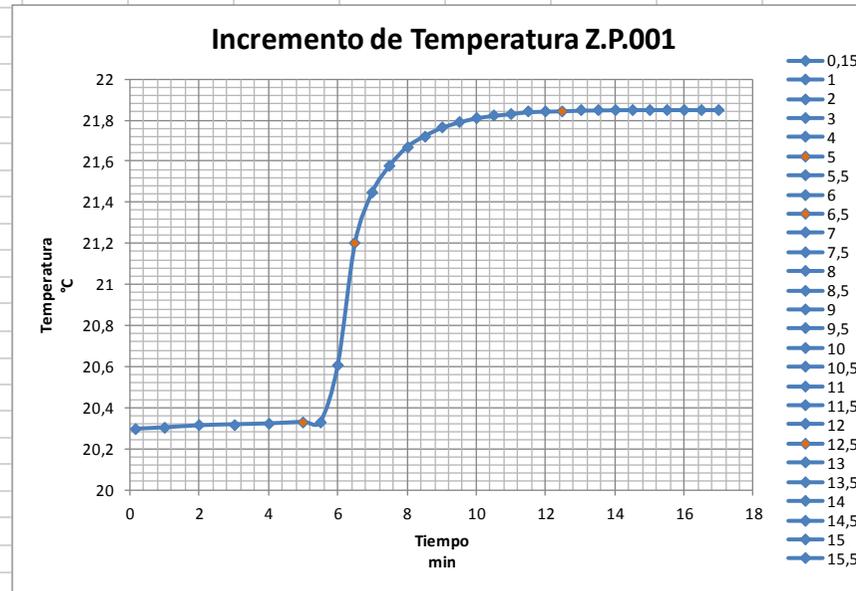


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 43,8137 g
Peso Seco	= 42,0067 g
Crisol	= 36,9939 g
%Humedad	= 26,4964 %

z	
a	= 5 min
b	= 6,5 min
c	= 13,5 min
ta	= 22,013 °C
tc	= 23,214 °C
r1	= 0,010 °C/min
r2	= 0,0016 °C/min
c1	= 1,2 ml
c2	= 0,03 %
c3	= 0 cm
W 1	= 2459,58 cal/°C
m	= 0,9563 g
PCS	= -e1-e2-e3/m
m	= 0,9563 g
e1	= 1,2 cal
e2	= 0,376 cal
e3	= 0 cal
PCS	= 3021 cal/g
t	= .(b-a)-r2(c-b)
t	= 1,175 °C
% S	= Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	= 0,002 g
Muestra	= 0,9563 g
% S	= 0,03 %
PCS	= 3021 cal/g
PCI	= 2862 cal/g

MC - 03C

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	20,295
2	1	20,302
3	2	20,312
4	3	20,317
5	4	20,321
6	5	20,329
7	5,5	20,329
8	6	20,603
9	6,5	21,2
10	7	21,449
11	7,5	21,578
12	8	21,669
13	8,5	21,722
14	9	21,762
15	9,5	21,789
16	10	21,809
17	10,5	21,821
18	11	21,83
19	11,5	21,839
20	12	21,842
21	12,5	21,844
22	13	21,847
23	13,5	21,848
24	14	21,849
25	14,5	21,85
26	15	21,85
27	15,5	21,85
28	16	21,85
29	16,5	21,85
30	17	21,85
31	17,5	21,85
32	18	21,85



**% Humedad**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$$

Peso Húmed = 46,2532 g  
 Peso Seco = 43,4492 g  
 Crisol = 39,2222 g  
 %Humedad = 39,8805 %

**z**

a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	13,5 min
ta	=	20,329 °C
tc	=	21,848 °C
r1	=	0,007 °C/min
r2	=	0,0022 °C/min
c1	=	1,8 ml
c2	=	0,22 %
c3	=	0 cm
W1	=	2459,58 cal/°C
m	=	0,9115 g

PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9115 g
e1	=	1,8 cal
e2	=	2,785 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4025 cal/g

$$t = (b-a) - r2(c-b)$$

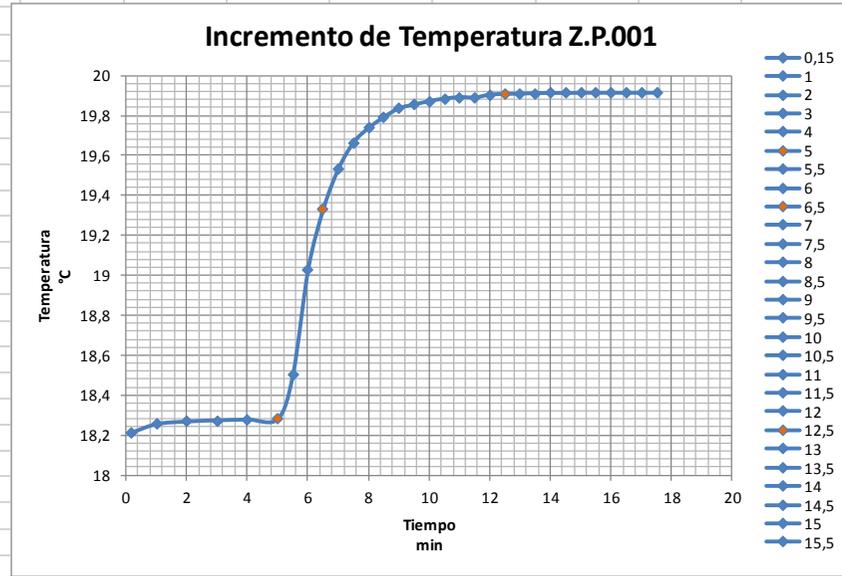
t = 1,493 °C

% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0148 g
Muestra	=	0,9115 g
% S	=	0,22 %

PCS	=	4025 cal/g
PCI	=	3785 cal/g

MC - 04C

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	18,209
2	1	18,253
3	2	18,266
4	3	18,272
5	4	18,276
6	5	18,279
7	5,5	18,503
8	6	19,029
9	6,5	19,33
10	7	19,532
11	7,5	19,664
12	8	19,737
13	8,5	19,791
14	9	19,835
15	9,5	19,853
16	10	19,871
17	10,5	19,883
18	11	19,89
19	11,5	19,889
20	12	19,903
21	12,5	19,906
22	13	19,908
23	13,5	19,91
24	14	19,911
25	14,5	19,911
26	15	19,912
27	15,5	19,912
28	16	19,912
29	16,5	19,912
30	17	19,912
31	17,5	19,912
32	18	19,912

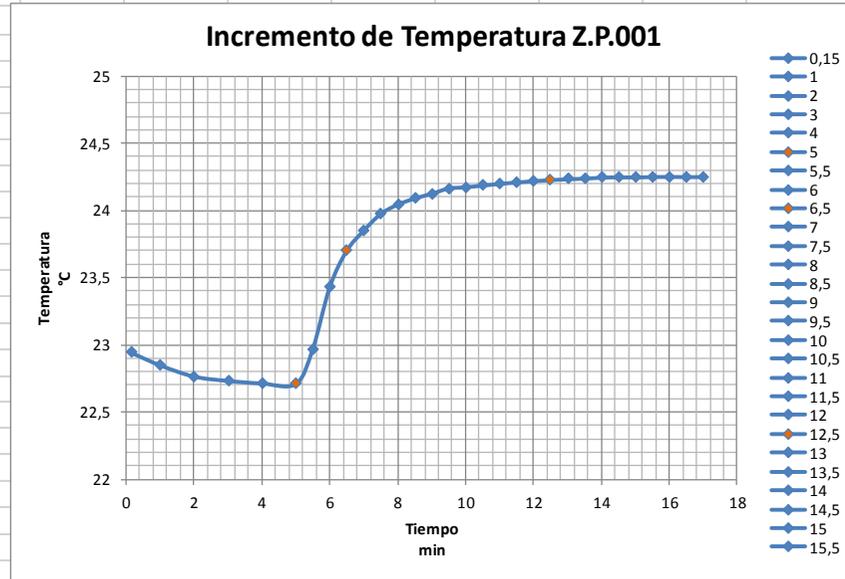


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 45,3206 g
Peso Seco	= 44,1765 g
Crisol	= 39,1617 g
%Humedad	= 18,5764 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	13,5 min
ta	=	18,279 °C
tc	=	19,910 °C
r1	=	0,014 °C/min
r2	=	0,0046 °C/min
c1	=	1,2 ml
c2	=	0,24 %
c3	=	0 cm
W 1	=	2459,58 cal/°C
m	=	0,993 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,993 g
e1	=	1,2 cal
e2	=	3,330 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	3904 cal/g
t	=	.(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,578 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0177 g
Muestra	=	0,993 g
% S	=	0,24 %
PCS	=	3904 cal/g
PCI	=	3792 cal/g

MC - 05C

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	T°
1	0,15	22,944
2	1	22,851
3	2	22,767
4	3	22,735
5	4	22,716
6	5	22,712
7	5,5	22,97
8	6	23,43
9	6,5	23,701
10	7	23,851
11	7,5	23,975
12	8	24,045
13	8,5	24,091
14	9	24,126
15	9,5	24,165
16	10	24,175
17	10,5	24,187
18	11	24,2
19	11,5	24,21
20	12	24,22
21	12,5	24,228
22	13	24,234
23	13,5	24,239
24	14	24,246
25	14,5	24,249
26	15	24,248
27	15,5	24,251
28	16	24,252
29	16,5	24,251
30	17	24,251
31	17,5	24,251
32	18	24,251



% Humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$$

Peso Húmed	=	45,2271 g
Peso Seco	=	44,7135 g
Crisol	=	39,1603 g
%Humedad	=	8,4657 %

z

a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	14 min
ta	=	22,712 °C
tc	=	24,246 °C
r1	=	-0,046 °C/min
r2	=	0,0082 °C/min
c1	=	1,2 ml
c2	=	0,09 %
c3	=	0 cm
W 1	=	2459,58 cal/°C
m	=	1,0034 g

PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,0034 g
e1	=	1,2 cal
e2	=	1,242 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	3778 cal/g

$$t = (b-a) - r2(c-b)$$

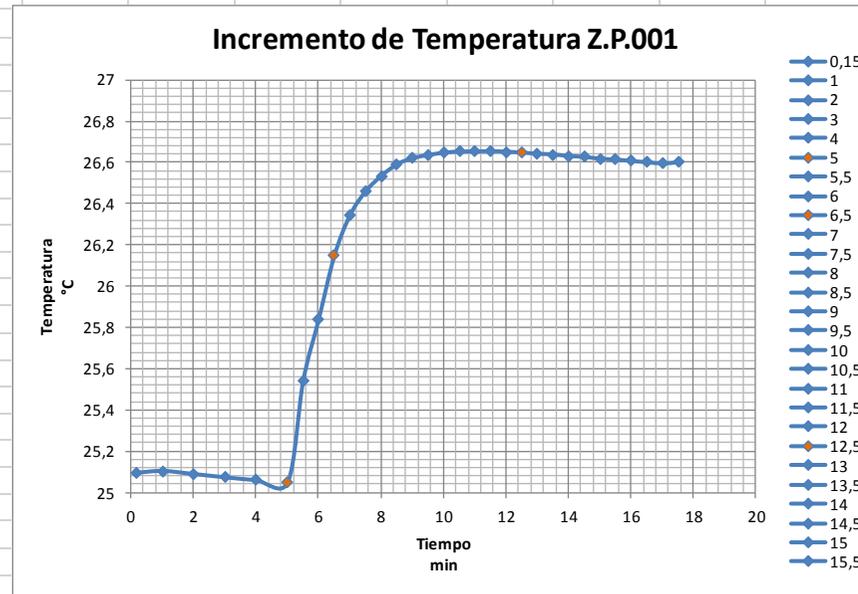
$$t = 1,542 \text{ °C}$$

% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0066 g
Muestra	=	1,0034 g
% S	=	0,09 %

PCS	=	3778 cal/g
PCI	=	3727 cal/g

MC - 06C

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	25,095
2	1	25,104
3	2	25,089
4	3	25,073
5	4	25,059
6	5	25,047
7	5,5	25,54
8	6	25,84
9	6,5	26,148
10	7	26,344
11	7,5	26,459
12	8	26,534
13	8,5	26,59
14	9	26,62
15	9,5	26,635
16	10	26,646
17	10,5	26,652
18	11	26,652
19	11,5	26,654
20	12	26,651
21	12,5	26,647
22	13	26,641
23	13,5	26,638
24	14	26,63
25	14,5	26,626
26	15	26,617
27	15,5	26,613
28	16	26,606
29	16,5	26,6
30	17	26,594
31	17,5	26,6
32	18	26,5

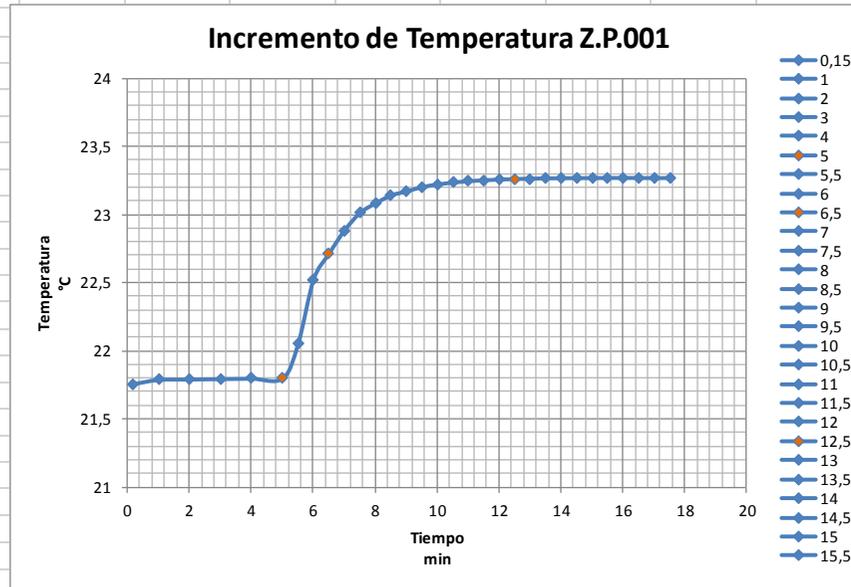


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 46,2489 g
Peso Seco	= 45,9256 g
Crisol	= 40,3945 g
%Humedad	= 5,5223 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	13 min
ta	=	25,047 °C
tc	=	26,641 °C
r1	=	-0,010 °C/min
r2	=	-0,0108 °C/min
c1	=	1 ml
c2	=	1,50 %
c3	=	0 cm
W1	=	2459,58 cal/°C
m	=	1,042 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,042 g
e1	=	1 cal
e2	=	21,356 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	3941 cal/g
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,679 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,1135 g
Muestra	=	1,042 g
% S	=	1,50 %
PCS	=	3941 cal/g
PCI	=	3908 cal/g

MC - 07C

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	T°
1	0,15	21,758
2	1	21,79
3	2	21,793
4	3	21,796
5	4	21,799
6	5	21,8
7	5,5	22,052
8	6	22,524
9	6,5	22,714
10	7	22,884
11	7,5	23,012
12	8	23,082
13	8,5	23,14
14	9	23,169
15	9,5	23,201
16	10	23,22
17	10,5	23,234
18	11	23,244
19	11,5	23,251
20	12	23,256
21	12,5	23,26
22	13	23,263
23	13,5	23,265
24	14	23,266
25	14,5	23,267
26	15	23,267
27	15,5	23,268
28	16	23,268
29	16,5	23,268
30	17	23,267
31	17,5	23,268
32	18	23,267



**% Humedad**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$$

Peso Húmed = 46,4828 g  
 Peso Seco = 45,2525 g  
 Crisol = 40,4666 g

%Humedad = 20,4498 %

**z**

a = 5 min  
 b = 6,5 min  
 c = 13,5 min  
 ta = 21,800 °C  
 tc = 23,265 °C  
 r1 = 0,008 °C/min  
 r2 = 0,0034 °C/min  
 c1 = 1 ml  
 c2 = 0,25 %  
 c3 = 0 cm  
 W1 = 2459,58 cal/°C  
 m = 1,0015 g

PCS = -e1-e2-e3/m  
 m = 1,0015 g  
 e1 = 1 cal  
 e2 = 3,462 cal  
 e3 = 0 cal  
 PCS = 3504 cal/g

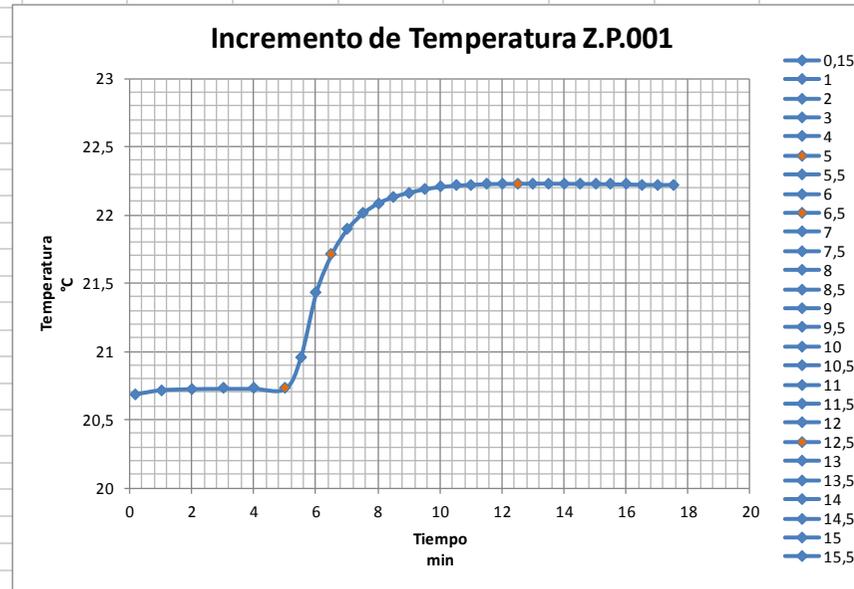
t = (b-a)-r2(c-b)  
 t = 1,429 °C

% S = Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.  
 BaSO4 = 0,0184 g  
 Muestra = 1,0015 g  
 % S = 0,25 %

PCS = 3504 cal/g  
 PCI = 3381 cal/g

MC - 08C

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	20,689
2	1	20,719
3	2	20,727
4	3	20,729
5	4	20,729
6	5	20,729
7	5,5	20,957
8	6	21,431
9	6,5	21,713
10	7	21,896
11	7,5	22,012
12	8	22,088
13	8,5	22,135
14	9	22,165
15	9,5	22,191
16	10	22,207
17	10,5	22,217
18	11	22,223
19	11,5	22,228
20	12	22,23
21	12,5	22,231
22	13	22,232
23	13,5	22,232
24	14	22,231
25	14,5	22,23
26	15	22,229
27	15,5	22,227
28	16	22,226
29	16,5	22,224
30	17	22,222
31	17,5	22,223
32	18	22,222

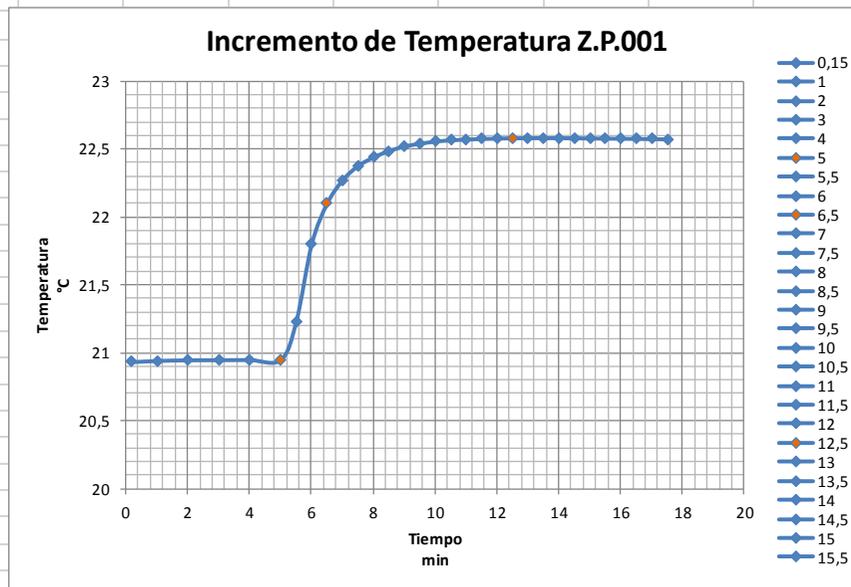


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 46,2489 g
Peso Seco	= 45,9256 g
Crisol	= 40,3945 g
%Humedad	= 5,5223 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	12 min
ta	=	20,729 °C
tc	=	22,230 °C
r1	=	0,008 °C/min
r2	=	-0,0008 °C/min
c1	=	1,9 ml
c2	=	0,17 %
c3	=	0 cm
W1	=	2604,567 cal/°C
m	=	0,9554 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9554 g
e1	=	1,9 cal
e2	=	2,258 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4067 cal/g
t	=	.(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,493 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,012 g
Muestra	=	0,9554 g
% S	=	0,17 %
PCS	=	4067 cal/g
PCI	=	4034 cal/g

MC - 09C

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	20,933
2	1	20,942
3	2	20,947
4	3	20,948
5	4	20,949
6	5	20,949
7	5,5	21,23
8	6	21,801
9	6,5	22,1
10	7	22,271
11	7,5	22,376
12	8	22,44
13	8,5	22,486
14	9	22,52
15	9,5	22,54
16	10	22,556
17	10,5	22,565
18	11	22,571
19	11,5	22,575
20	12	22,578
21	12,5	22,58
22	13	22,581
23	13,5	22,581
24	14	22,581
25	14,5	22,58
26	15	22,579
27	15,5	22,578
28	16	22,577
29	16,5	22,576
30	17	22,574
31	17,5	22,573
32	18	22,572



**% Humedad**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$$

Peso Húmedo = 44,1446 g

Peso Seco = 42,1446 g

Crisol = 37,8099 g

%Humedad = 31,5721 %

**z**

a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	15 min
ta	=	20,949 °C
tc	=	22,579 °C
r1	=	0,003 °C/min
r2	=	0,0002 °C/min
c1	=	1,6 ml
c2	=	0,21 %
c3	=	0 cm
W1	=	2604,567 cal/°C
m	=	0,983 g

PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,983 g
e1	=	1,6 cal
e2	=	2,766 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4297 cal/g

$$t = (b-a) - r2(c-b)$$

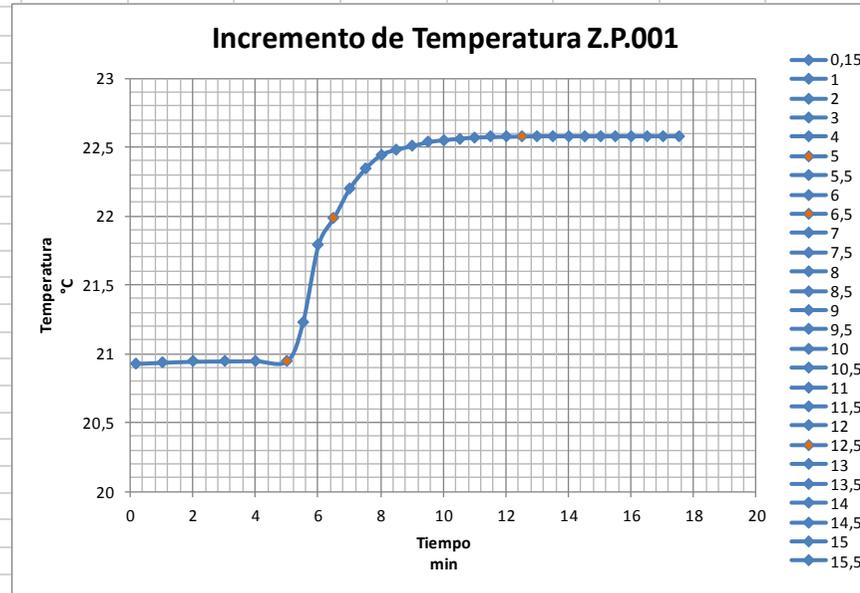
$$t = 1,624 \text{ °C}$$

% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0147 g
Muestra	=	0,983 g
% S	=	0,21 %

PCS	=	4297 cal/g
PCI	=	4108 cal/g

MC - 10C

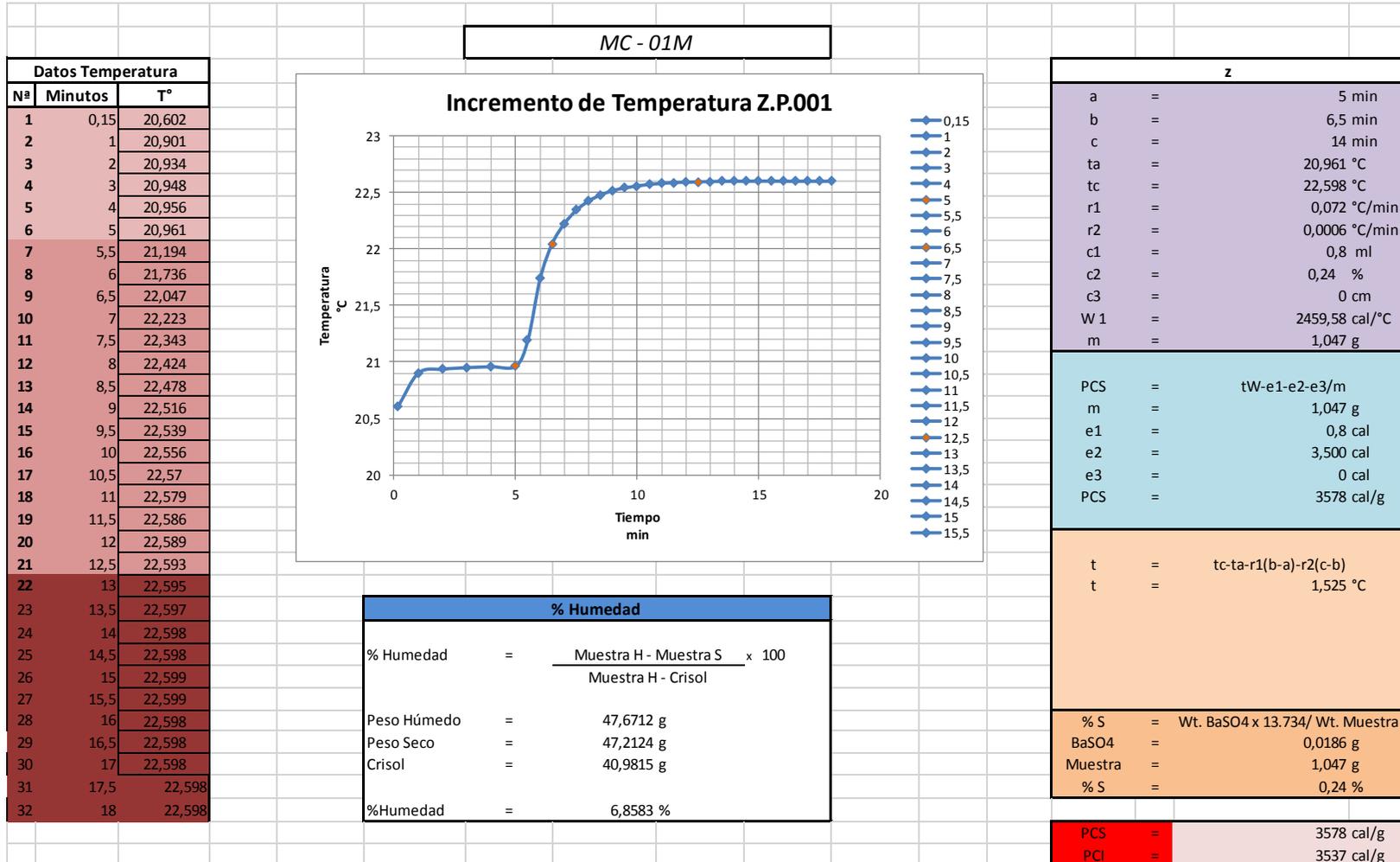
Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	20,929
2	1	20,937
3	2	20,945
4	3	20,947
5	4	20,949
6	5	20,949
7	5,5	21,225
8	6	21,793
9	6,5	21,99
10	7	22,201
11	7,5	22,345
12	8	22,445
13	8,5	22,485
14	9	22,51
15	9,5	22,539
16	10	22,553
17	10,5	22,564
18	11	22,572
19	11,5	22,576
20	12	22,578
21	12,5	22,58
22	13	22,582
23	13,5	22,582
24	14	22,582
25	14,5	22,582
26	15	22,582
27	15,5	22,582
28	16	22,582
29	16,5	22,582
30	17	22,582
31	17,5	22,582
32	18	22,582



% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 44,1326 g
Peso Seco	= 42,6534 g
Crisol	= 37,8099 g
%Humedad	= 23,3951 %

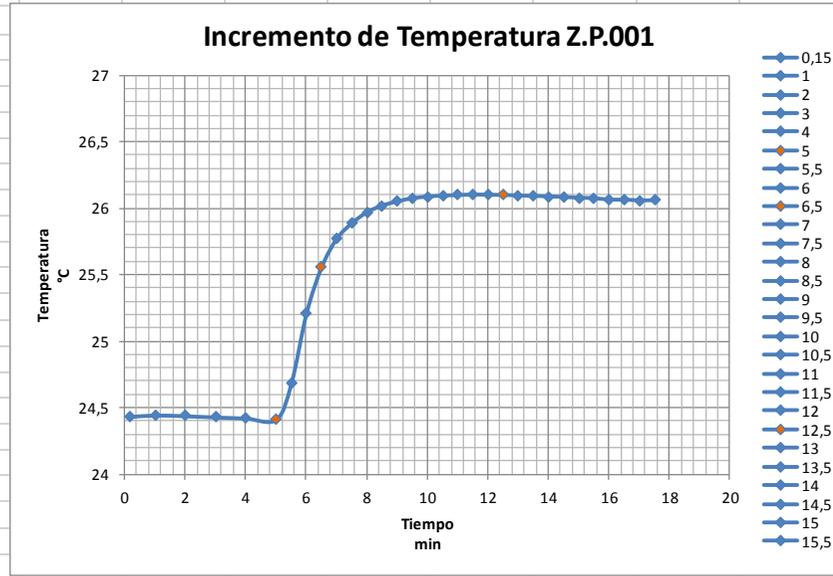
z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	13 min
ta	=	20,949 °C
tc	=	22,582 °C
r1	=	0,004 °C/min
r2	=	0,0012 °C/min
c1	=	1,3 ml
c2	=	0,15 %
c3	=	0 cm
W1	=	2573,685 cal/°C
m	=	0,9725 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9725 g
e1	=	1,3 cal
e2	=	2,032 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4282 cal/g
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,619 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0108 g
Muestra	=	0,9725 g
% S	=	0,15 %
PCS	=	4282 cal/g
PCI	=	4141 cal/g

# Madera



MC - 02M

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	24,432
2	1	24,444
3	2	24,438
4	3	24
5	4	24,421
6	5	24,412
7	5,5	24,683
8	6	25,21
9	6,5	25,557
10	7	25,77
11	7,5	25,887
12	8	25,97
13	8,5	26,019
14	9	26,051
15	9,5	26,074
16	10	26,087
17	10,5	26,094
18	11	26,098
19	11,5	26,102
20	12	26,1
21	12,5	26,099
22	13	26,095
23	13,5	26,092
24	14	26,088
25	14,5	26,084
26	15	26,078
27	15,5	26,075
28	16	26,064
29	16,5	26,064
30	17	26,058
31	17,5	26,06
32	18	26,06



**% Humedad**

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	=	45,8827 g
Peso Seco	=	45,2626 g
Crisol	=	40,9415 g
%Humedad	=	12,5496 %

**z**

a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	14 min
ta	=	24,412 °C
tc	=	26,088 °C
r1	=	-0,004 °C/min
r2	=	-0,0076 °C/min
c1	=	1,1 ml
c2	=	0,66 %
c3	=	0 cm
W 1	=	2459,08 cal/°C
m	=	1,0405 g

PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,0405 g
e1	=	1,1 cal
e2	=	9,408 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4100 cal/g

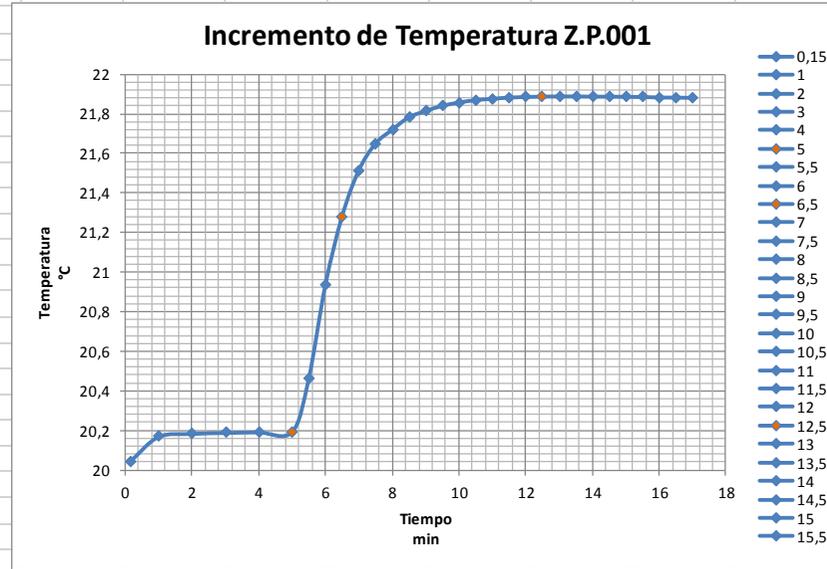
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,739 °C

% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,05 g
Muestra	=	1,0405 g
% S	=	0,66 %

PCS	=	4100 cal/g
PCI	=	4024 cal/g

MC - 03M

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	20,045
2	1	20,169
3	2	20,184
4	3	20,189
5	4	20,192
6	5	20,193
7	5,5	20,461
8	6	20,936
9	6,5	21,282
10	7	21,514
11	7,5	21,65
12	8	21,72
13	8,5	21,783
14	9	21,815
15	9,5	21,841
16	10	21,858
17	10,5	21,87
18	11	21,877
19	11,5	21,883
20	12	21,886
21	12,5	21,888
22	13	21,889
23	13,5	21,889
24	14	21,888
25	14,5	21,888
26	15	21,887
27	15,5	21,886
28	16	21,884
29	16,5	21,883
30	17	21,882
31	17,5	21,883
32	18	21,882

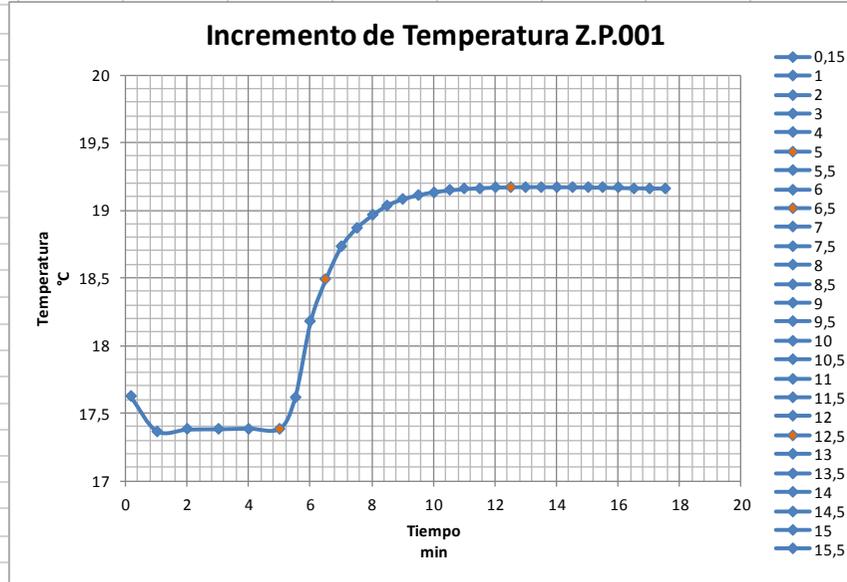


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 44,6002 g
Peso Seco	= 43,6762 g
Crisol	= 40,9802 g
%Humedad	= 25,5249 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	12,5 min
ta	=	20,193 °C
tc	=	21,888 °C
r1	=	0,030 °C/min
r2	=	0,0000 °C/min
c1	=	0,8 ml
c2	=	0,36 %
c3	=	0 cm
W1	=	2459,58 cal/°C
m	=	0,9242 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9242 g
e1	=	0,8 cal
e2	=	4,591 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4387 cal/g
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,651 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0244 g
Muestra	=	0,9242 g
% S	=	0,36 %
PCS	=	4387 cal/g
PCI	=	4234 cal/g

MC - 04M

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	17,625
2	1	17,369
3	2	17,381
4	3	17,383
5	4	17,388
6	5	17,388
7	5,5	17,622
8	6	18,18
9	6,5	18,493
10	7	18,734
11	7,5	18,87
12	8	18,963
13	8,5	19,039
14	9	19,083
15	9,5	19,113
16	10	19,135
17	10,5	19,148
18	11	19,158
19	11,5	19,165
20	12	19,169
21	12,5	19,172
22	13	19,173
23	13,5	19,173
24	14	19,172
25	14,5	19,172
26	15	19,17
27	15,5	19,169
28	16	19,166
29	16,5	19,165
30	17	19,163
31	17,5	19,163
32	18	19,163

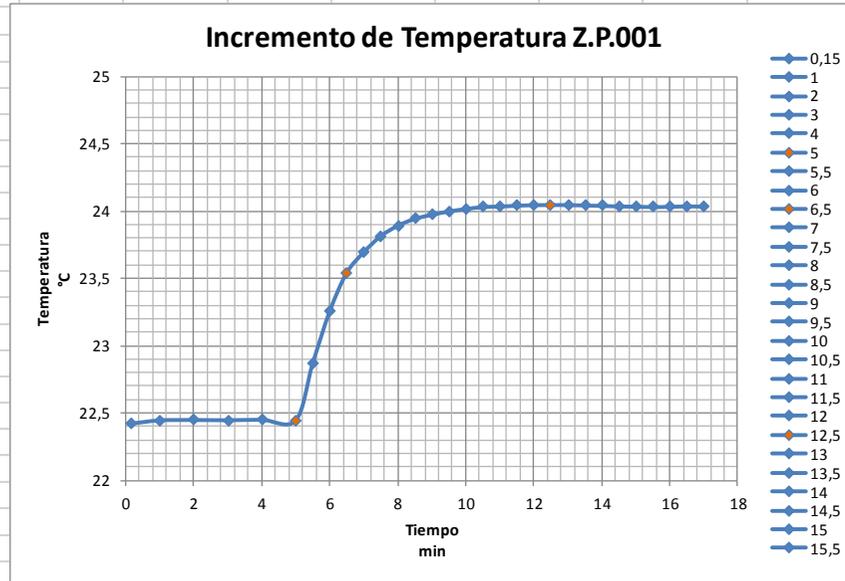


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 40,9201 g
Peso Seco	= 40,2475 g
Crisol	= 34,8529 g
%Humedad	= 11,0858 %

z	
a	= 5 min
b	= 6,5 min
c	= 15 min
ta	= 17,388 °C
tc	= 19,170 °C
r1	= -0,047 °C/min
r2	= 0,0000 °C/min
c1	= 0,6 ml
c2	= 0,27 %
c3	= 0 cm
W1	= 2459,58 cal/°C
m	= 0,9661 g
PCS	= -e1-e2-e3/m
m	= 0,9661 g
e1	= 0,6 cal
e2	= 3,537 cal
e3	= 0 cal
PCS	= 4713 cal/g
t	= (b-a)-r2(c-b)
t	= 1,853 °C
% S	= Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	= 0,0188 g
Muestra	= 0,9661 g
% S	= 0,27 %
PCS	= 4713 cal/g
PCI	= 4647 cal/g

MC - 05C

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	22,422
2	1	22,446
3	2	22,449
4	3	22,447
5	4	22,451
6	5	22,445
7	5,5	22,867
8	6	23,254
9	6,5	23,541
10	7	23,694
11	7,5	23,814
12	8	23,891
13	8,5	23,943
14	9	23,973
15	9,5	23,998
16	10	24,016
17	10,5	24,031
18	11	24,035
19	11,5	24,041
20	12	24,045
21	12,5	24,046
22	13	24,046
23	13,5	24,043
24	14	24,04
25	14,5	24,036
26	15	24,034
27	15,5	24,031
28	16	24,033
29	16,5	24,036
30	17	24,035
31	17,5	24,034
32	18	24,035



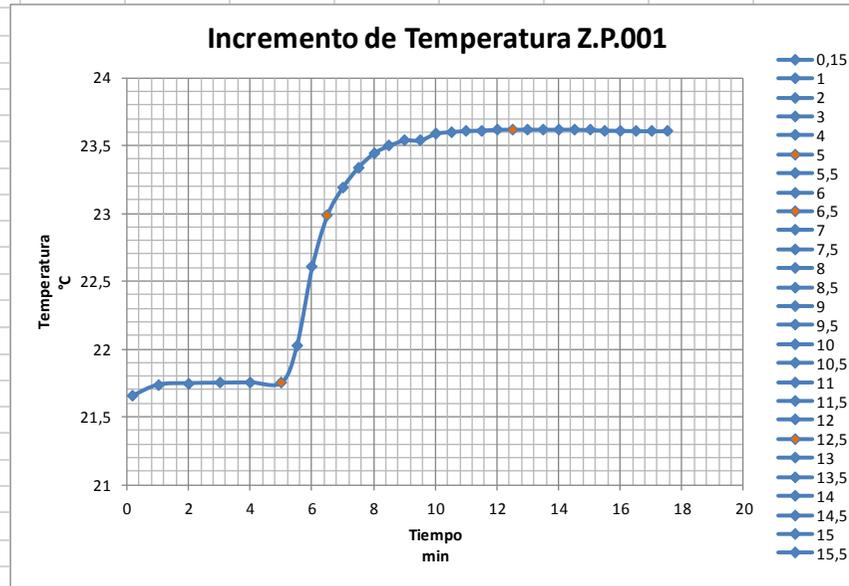
% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 41,0681 g
Peso Seco	= 40,2681 g
Crisol	= 35,2983 g
%Humedad	= 13,8653 %

% Azufre

z	
a	= 5 min
b	= 6,5 min
c	= 14,5 min
ta	= 22,445 °C
tc	= 24,036 °C
r1	= 0,005 °C/min
r2	= -0,0010 °C/min
c1	= 1,6 ml
c2	= 0,28 %
c3	= 0 cm
W 1	= 2459,58 cal/°C
m	= 1,0179 g
PCS	= -e1-e2-e3/m
m	= 1,0179 g
e1	= 1,6 cal
e2	= 3,932 cal
e3	= 0 cal
PCS	= 3842 cal/g
t	= (b-a)-r2(c-b)
t	= 1,592 °C
% S	= Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt. Muestra
BaSO4	= 0,0209 g
Muestra	= 1,0179 g
% S	= 0,28 %
PCS	= 3842 cal/g
PCI	= 3758 cal/g

MC - 06M

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	T°
1	0,15	21,655
2	1	21,737
3	2	21,748
4	3	21,751
5	4	21,753
6	5	21,752
7	5,5	22,026
8	6	22,608
9	6,5	22,991
10	7	23,193
11	7,5	23,338
12	8	23,442
13	8,5	23,498
14	9	23,537
15	9,5	23,537
16	10	23,586
17	10,5	23,599
18	11	23,606
19	11,5	23,611
20	12	23,615
21	12,5	23,617
22	13	23,616
23	13,5	23,617
24	14	23,616
25	14,5	23,617
26	15	23,613
27	15,5	23,61
28	16	23,608
29	16,5	23,606
30	17	23,605
31	17,5	23,605
32	18	23,606

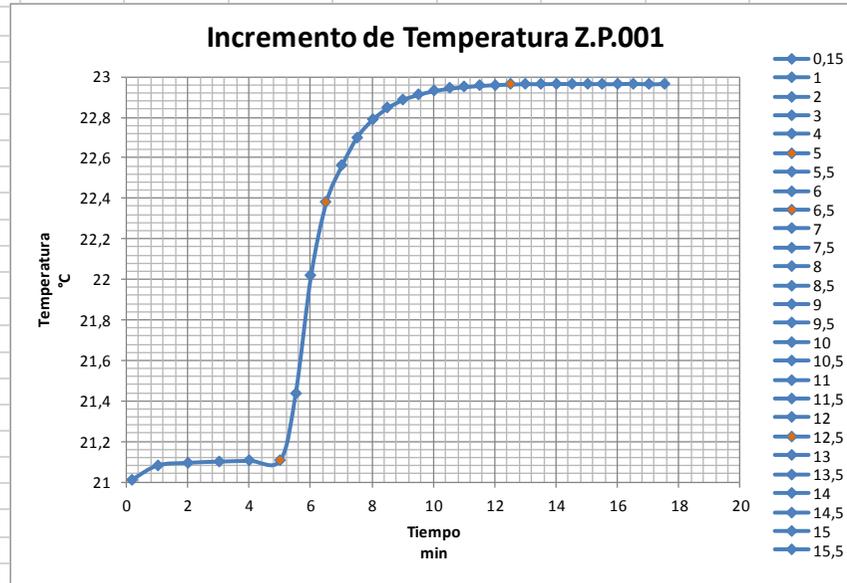


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 42,0976 g
Peso Seco	= 41,0095 g
Crisol	= 34,6605 g
%Humedad	= 14,6307 %

z	
a	= 5 min
b	= 6,5 min
c	= 13 min
ta	= 21,752 °C
tc	= 23,616 °C
r1	= 0,019 °C/min
r2	= -0,0010 °C/min
c1	= 0,8 ml
c2	= 0,01 %
c3	= 0 cm
W 1	= 2459,58 cal/°C
m	= 1,0331 g
PCS	= -e1-e2-e3/m
m	= 1,0331 g
e1	= 0,8 cal
e2	= 0,207 cal
e3	= 0 cal
PCS	= 4383 cal/g
t	= (b-a)-r2(c-b)
t	= 1,841 °C
% S	= Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	= 0,0011 g
Muestra	= 1,0331 g
% S	= 0,01 %
PCS	= 4383 cal/g
PCI	= 4295 cal/g

MC - 07M

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	21,012
2	1	21,083
3	2	21,096
4	3	21,102
5	4	21,106
6	5	21,109
7	5,5	21,44
8	6	22,021
9	6,5	22,383
10	7	22,561
11	7,5	22,702
12	8	22,789
13	8,5	22,848
14	9	22,888
15	9,5	22,913
16	10	22,931
17	10,5	22,943
18	11	22,951
19	11,5	22,957
20	12	22,961
21	12,5	22,964
22	13	22,966
23	13,5	22,966
24	14	22,967
25	14,5	22,967
26	15	22,967
27	15,5	22,966
28	16	22,966
29	16,5	22,968
30	17	22,965
31	17,5	22,967
32	18	22,967

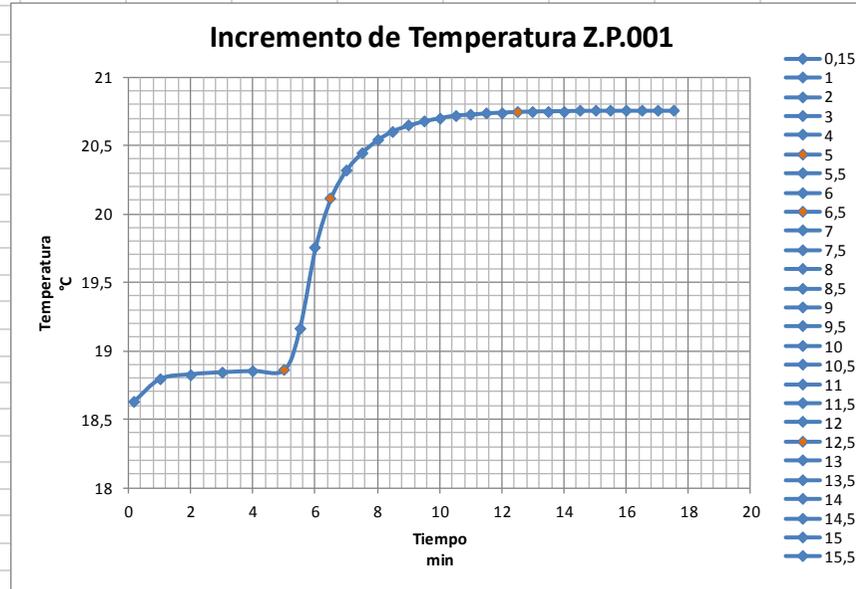


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 41,5069 g
Peso Seco	= 39,5208 g
Crisol	= 34,6692 g
%Humedad	= 29,0463 %

z	
a	= 5 min
b	= 6,5 min
c	= 12,5 min
ta	= 21,109 °C
tc	= 22,964 °C
r1	= 0,019 °C/min
r2	= 0,0022 °C/min
c1	= 2,2 ml
c2	= 1,18 %
c3	= 0 cm
W 1	= 2459,58 cal/°C
m	= 0,9948 g
PCS	= -e1-e2-e3/m
m	= 0,9948 g
e1	= 2,2 cal
e2	= 16,087 cal
e3	= 0 cal
PCS	= 4463 cal/g
t	= (b-a)-r2(c-b)
t	= 1,813 °C
% S	= Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	= 0,0855 g
Muestra	= 0,9948 g
% S	= 1,18 %
PCS	= 4463 cal/g
PCI	= 4289 cal/g

MC - 08M

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	18,624
2	1	18,791
3	2	18,826
4	3	18,841
5	4	18,85
6	5	18,858
7	5,5	19,165
8	6	19,749
9	6,5	20,111
10	7	20,316
11	7,5	20,443
12	8	20,536
13	8,5	20,602
14	9	20,642
15	9,5	20,673
16	10	20,696
17	10,5	20,715
18	11	20,722
19	11,5	20,731
20	12	20,737
21	12,5	20,741
22	13	20,745
23	13,5	20,746
24	14	20,748
25	14,5	20,749
26	15	20,75
27	15,5	20,75
28	16	20,75
29	16,5	20,75
30	17	20,75
31	17,5	20,75
32	18	20,75



% Humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$$

Peso Húmed = 44,2444 g  
 Peso Seco = 43,1453 g  
 Crisol = 38,1636 g  
 %Humedad = 18,0749 %

z

a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	15 min
ta	=	18,858 °C
tc	=	20,750 °C
r1	=	0,047 °C/min
r2	=	0,0038 °C/min
c1	=	1,8 ml
c2	=	0,64 %
c3	=	0 cm
W1	=	2604,567 cal/°C
m	=	1,0094 g

PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,0094 g
e1	=	1,8 cal
e2	=	8,806 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4607 cal/g

$$t = (b-a) - r2(c-b)$$

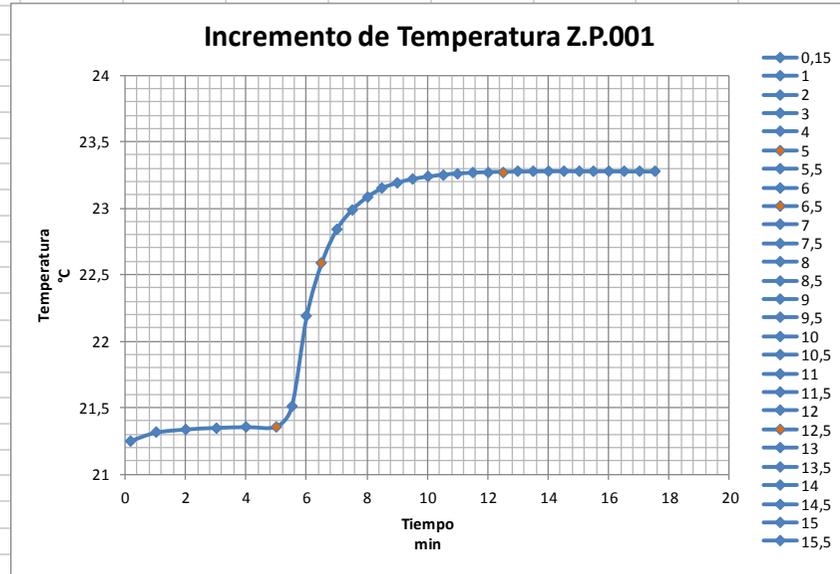
t = 1,790 °C

% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0468 g
Muestra	=	1,0094 g
% S	=	0,64 %

PCS	=	4607 cal/g
PCI	=	4499 cal/g

MC - 09M

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	T°
1	0,15	21,25
2	1	21,313
3	2	21,337
4	3	21,349
5	4	21,355
6	5	21,359
7	5,5	21,509
8	6	22,194
9	6,5	22,593
10	7	22,842
11	7,5	22,986
12	8	23,083
13	8,5	23,15
14	9	23,19
15	9,5	23,218
16	10	23,235
17	10,5	23,25
18	11	23,259
19	11,5	23,265
20	12	23,27
21	12,5	23,272
22	13	23,273
23	13,5	23,275
24	14	23,275
25	14,5	23,276
26	15	23,275
27	15,5	23,275
28	16	23,275
29	16,5	23,274
30	17	23,274
31	17,5	23,273
32	18	23,273

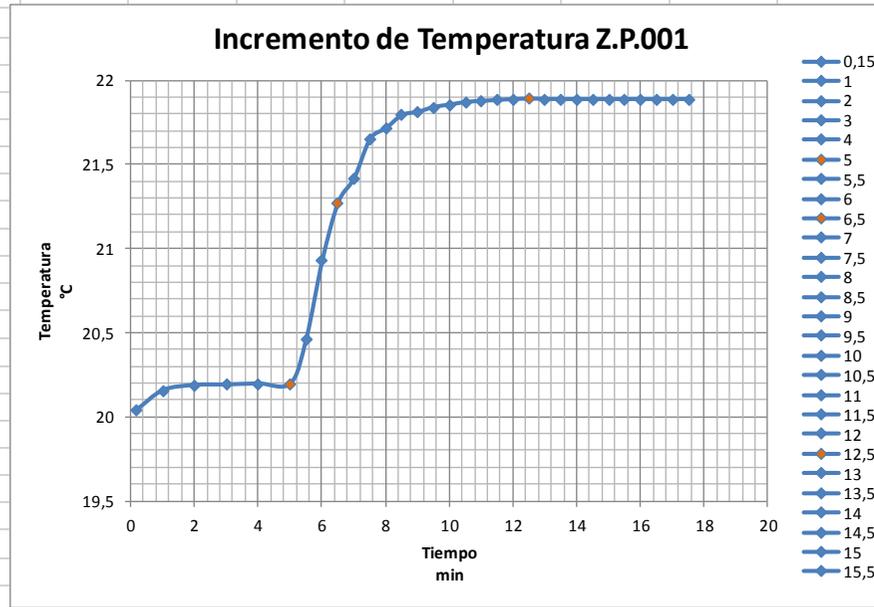


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 41,0495 g
Peso Seco	= 39,6563 g
Crisol	= 35,0641 g
%Humedad	= 23,2766 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	13,5 min
ta	=	21,359 °C
tc	=	23,275 °C
r1	=	0,022 °C/min
r2	=	0,0018 °C/min
c1	=	1,4 ml
c2	=	0,33 %
c3	=	4 cm
W1	=	2604,567 cal/°C
m	=	0,982 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,982 g
e1	=	1,4 cal
e2	=	4,403 cal
e3	=	9,2 cal
PCS	=	4946 cal/g
t	=	.(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,871 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0234 g
Muestra	=	0,982 g
% S	=	0,33 %
PCS	=	4946 cal/g
PCI	=	4807 cal/g

MC - 10M

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	20,035
2	1	20,155
3	2	20,186
4	3	20,189
5	4	20,195
6	5	20,195
7	5,5	20,463
8	6	20,926
9	6,5	21,271
10	7	21,415
11	7,5	21,648
12	8	21,713
13	8,5	21,791
14	9	21,81
15	9,5	21,839
16	10	21,853
17	10,5	21,869
18	11	21,875
19	11,5	21,881
20	12	21,886
21	12,5	21,889
22	13	21,887
23	13,5	21,886
24	14	21,886
25	14,5	21,886
26	15	21,886
27	15,5	21,886
28	16	21,886
29	16,5	21,886
30	17	21,886
31	17,5	21,886
32	18	21,886



% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 44,3025 g
Peso Seco	= 43,4587 g
Crisol	= 38,0312 g
%Humedad	= 13,4549 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	13,5 min
ta	=	20,195 °C
tc	=	21,886 °C
r1	=	0,032 °C/min
r2	=	0,0010 °C/min
c1	=	1 ml
c2	=	0,38 %
c3	=	0 cm
W1	=	2573,685 cal/°C
m	=	0,9213 g

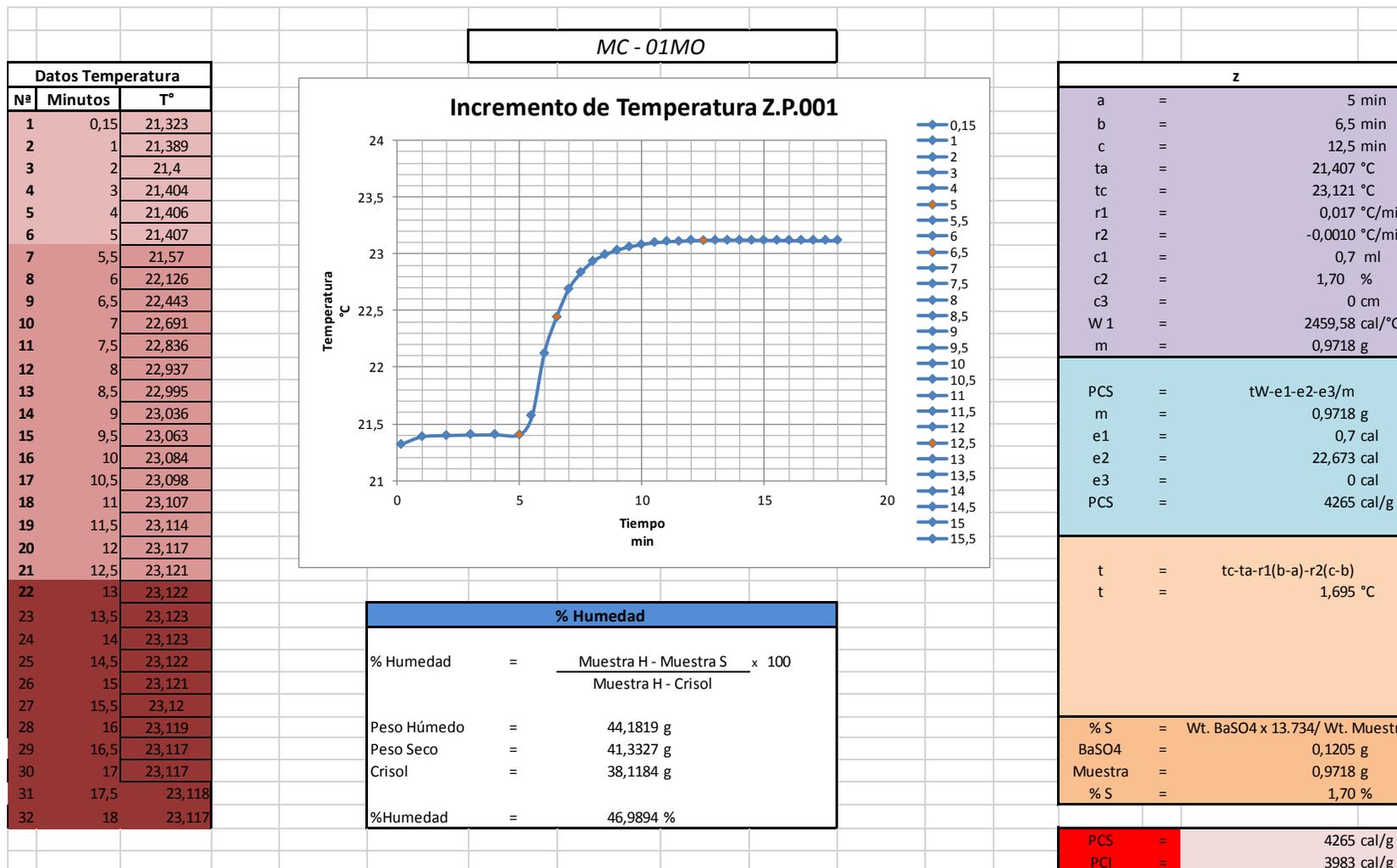
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9213 g
e1	=	1 cal
e2	=	4,817 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4564 cal/g

t	=	.(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,636 °C

% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0256 g
Muestra	=	0,9213 g
% S	=	0,38 %

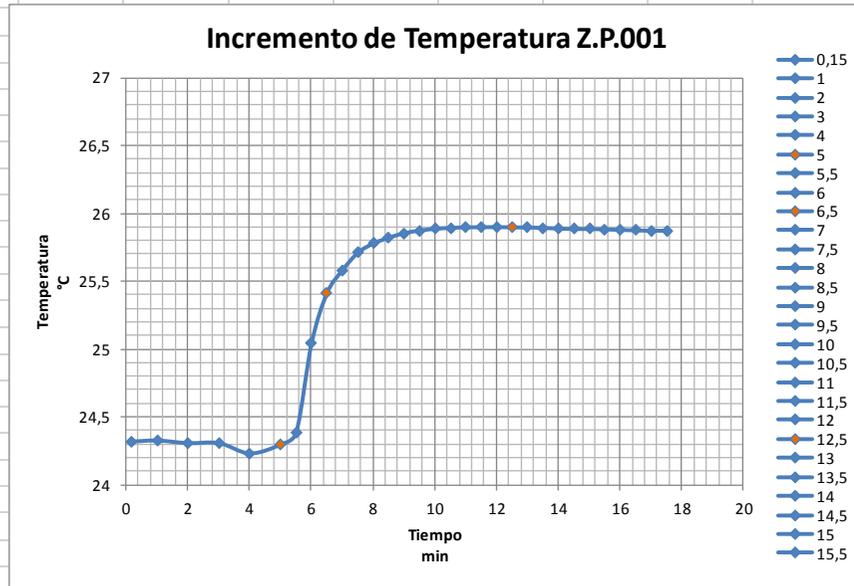
PCS	=	4564 cal/g
PCI	=	4483 cal/g

# Materia Orgánica



MC - 02MO

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	24,316
2	1	24,324
3	2	24,305
4	3	24,305
5	4	24,229
6	5	24,295
7	5,5	24,384
8	6	25,044
9	6,5	25,413
10	7	25,581
11	7,5	25,71
12	8	25,778
13	8,5	25,821
14	9	25,854
15	9,5	25,873
16	10	25,886
17	10,5	25,893
18	11	25,897
19	11,5	25,898
20	12	25,899
21	12,5	25,897
22	13	25,896
23	13,5	25,893
24	14	25,888
25	14,5	25,885
26	15	25,885
27	15,5	25,882
28	16	25,878
29	16,5	25,875
30	17	25,872
31	17,5	25,873
32	18	25,872



**% Humedad**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$$

Peso Húmed = 57,5702 g  
 Peso Seco = 43,1430 g  
 Crisol = 39,2061 g  
 %Humedad = 78,5620 %

**z**

a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	12,5 min
ta	=	24,295 °C
tc	=	25,897 °C
r1	=	-0,004 °C/min
r2	=	-0,0046 °C/min
c1	=	0,8 ml
c2	=	0,31 %
c3	=	0 cm
W1	=	2459,58 cal/°C
m	=	1,0017 g

PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,0017 g
e1	=	0,8 cal
e2	=	4,234 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4012 cal/g

$$t = (b-a) - r2(c-b)$$

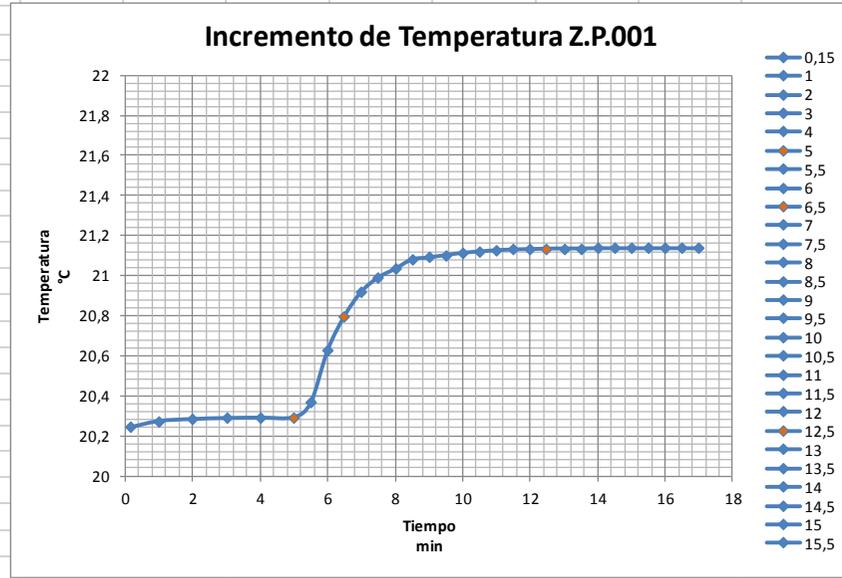
$$t = 1,636 \text{ °C}$$

% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0225 g
Muestra	=	1,0017 g
% S	=	0,31 %

PCS	=	4012 cal/g
PCI	=	3540 cal/g

MC - 03MO

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	20,241
2	1	20,272
3	2	20,282
4	3	20,287
5	4	20,289
6	5	20,291
7	5,5	20,364
8	6	20,625
9	6,5	20,796
10	7	20,917
11	7,5	20,988
12	8	21,031
13	8,5	21,078
14	9	21,088
15	9,5	21,1
16	10	21,111
17	10,5	21,118
18	11	21,124
19	11,5	21,128
20	12	21,13
21	12,5	21,132
22	13	21,133
23	13,5	21,133
24	14	21,134
25	14,5	21,134
26	15	21,134
27	15,5	21,134
28	16	21,134
29	16,5	21,134
30	17	21,134
31	17,5	21,134
32	18	21,134

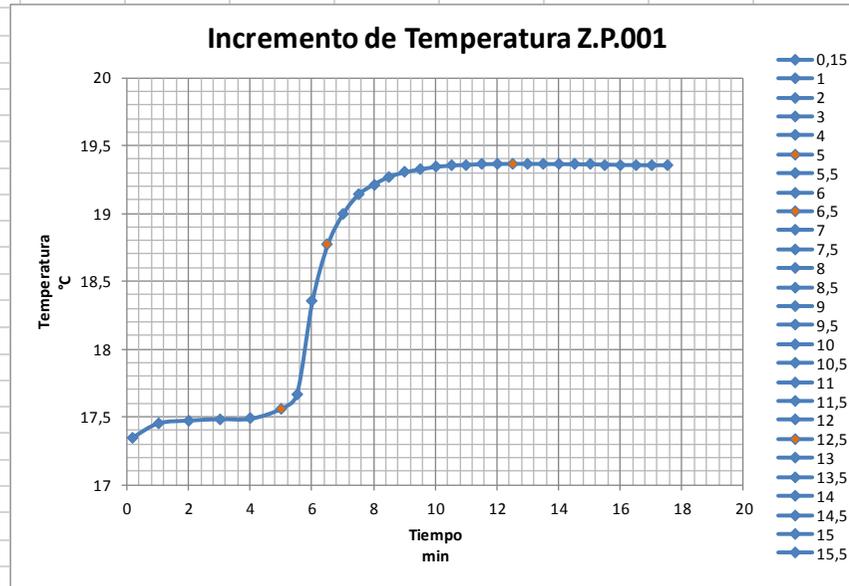


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 49,7625 g
Peso Seco	= 41,3436 g
Crisol	= 36,9940 g
%Humedad	= 65,9349 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	12,5 min
ta	=	20,291 °C
tc	=	21,132 °C
r1	=	0,010 °C/min
r2	=	0,0012 °C/min
c1	=	0,8 ml
c2	=	0,71 %
c3	=	0 cm
W 1	=	2459,58 cal/°C
m	=	0,9534 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9534 g
e1	=	0,8 cal
e2	=	9,238 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	2102 cal/g
t	=	.(b-a)-r2(c-b)
t	=	0,819 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0491 g
Muestra	=	0,9534 g
% S	=	0,71 %
PCS	=	2102 cal/g
PCI	=	1706 cal/g

MC - 04MO

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	T°
1	0,15	17,348
2	1	17,454
3	2	17,475
4	3	17,485
5	4	17,488
6	5	17,563
7	5,5	17,67
8	6	18,351
9	6,5	18,769
10	7	18,997
11	7,5	19,139
12	8	19,214
13	8,5	19,27
14	9	19,303
15	9,5	19,324
16	10	19,342
17	10,5	19,352
18	11	19,358
19	11,5	19,362
20	12	19,364
21	12,5	19,365
22	13	19,365
23	13,5	19,364
24	14	19,363
25	14,5	19,362
26	15	19,361
27	15,5	19,36
28	16	19,357
29	16,5	19,356
30	17	19,355
31	17,5	19,355
32	18	19,354

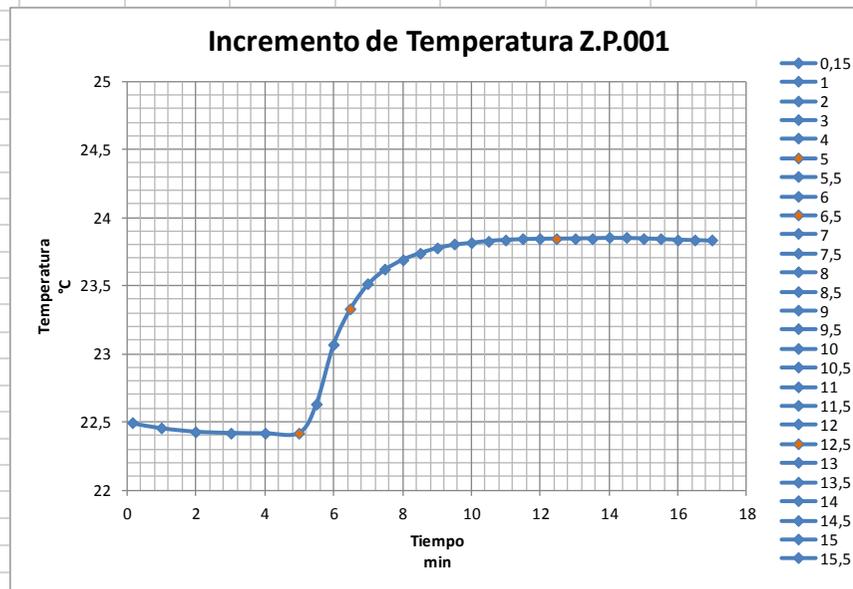


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 50,3201 g
Peso Seco	= 44,1252 g
Crisol	= 37,0241 g
%Humedad	= 46,5922 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	15,5 min
ta	=	17,563 °C
tc	=	19,360 °C
r1	=	0,043 °C/min
r2	=	-0,0012 °C/min
c1	=	0,9 ml
c2	=	0,23 %
c3	=	0 cm
W 1	=	2459,58 cal/°C
m	=	0,9784 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9784 g
e1	=	0,9 cal
e2	=	3,048 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4378 cal/g
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,743 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0162 g
Muestra	=	0,9784 g
% S	=	0,23 %
PCS	=	4378 cal/g
PCI	=	4099 cal/g

MC - 05MO

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	T°
1	0,15	22,487
2	1	22,451
3	2	22,426
4	3	22,417
5	4	22,415
6	5	22,418
7	5,5	22,631
8	6	23,066
9	6,5	23,33
10	7	23,506
11	7,5	23,615
12	8	23,686
13	8,5	23,735
14	9	23,772
15	9,5	23,797
16	10	23,811
17	10,5	23,825
18	11	23,833
19	11,5	23,838
20	12	23,841
21	12,5	23,842
22	13	23,843
23	13,5	23,845
24	14	23,847
25	14,5	23,846
26	15	23,844
27	15,5	23,839
28	16	23,834
29	16,5	23,831
30	17	23,827
31	17,5	23,83
32	18	23,828

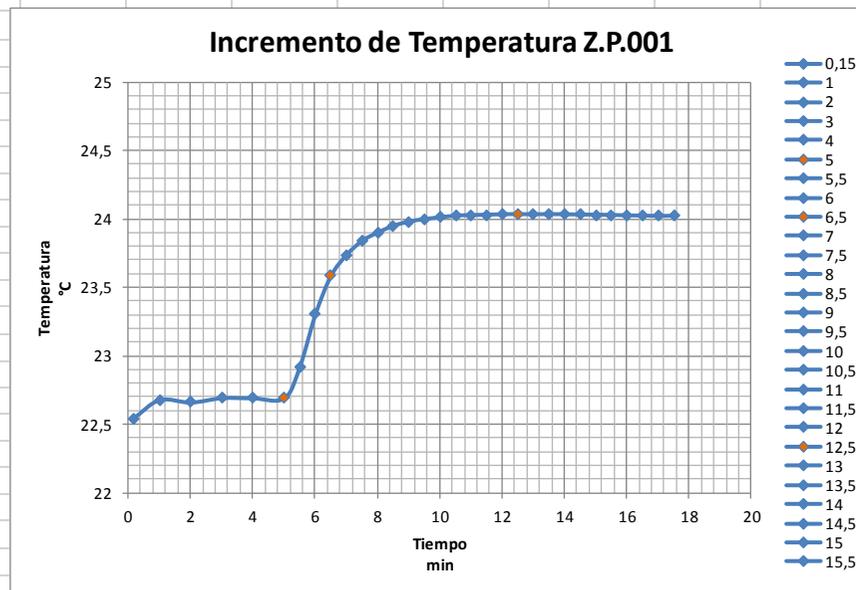


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 48,5775 g
Peso Seco	= 39,7961 g
Crisol	= 37,0251 g
%Humedad	= 76,0136 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	14,5 min
ta	=	22,418 °C
tc	=	23,846 °C
r1	=	-0,014 °C/min
r2	=	-0,0014 °C/min
c1	=	1,6 ml
c2	=	0,12 %
c3	=	0 cm
W1	=	2459,58 cal/°C
m	=	1,0628 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,0628 g
e1	=	1,6 cal
e2	=	1,806 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	3375 cal/g
t	=	.(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,460 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0096 g
Muestra	=	1,0628 g
% S	=	0,12 %
PCS	=	3375 cal/g
PCI	=	2919 cal/g

MC - 06MO

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	22,544
2	1	22,68
3	2	22,662
4	3	22,694
5	4	22,693
6	5	22,692
7	5,5	22,922
8	6	23,304
9	6,5	23,585
10	7	23,737
11	7,5	23,84
12	8	23,9
13	8,5	23,949
14	9	23,98
15	9,5	23,998
16	10	24,011
17	10,5	24,023
18	11	24,027
19	11,5	24,03
20	12	24,033
21	12,5	24,034
22	13	24,033
23	13,5	24,034
24	14	24,033
25	14,5	24,031
26	15	24,03
27	15,5	24,028
28	16	24,025
29	16,5	24,023
30	17	24,021
31	17,5	24,022
32	18	24,021



**% Humedad**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$$

Peso Húmedo = 69,3754 g  
 Peso Seco = 44,9136 g  
 Crisol = 37,7795 g  
 %Humedad = 77,4208 %

**z**

a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	15,5 min
ta	=	22,692 °C
tc	=	24,028 °C
r1	=	0,030 °C/min
r2	=	-0,0014 °C/min
c1	=	1 ml
c2	=	0,41 %
c3	=	0 cm
W1	=	2459,58 cal/°C
m	=	0,9302 g

PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9302 g
e1	=	1 cal
e2	=	5,268 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	3442 cal/g

$$t = (b-a) - r2(c-b)$$

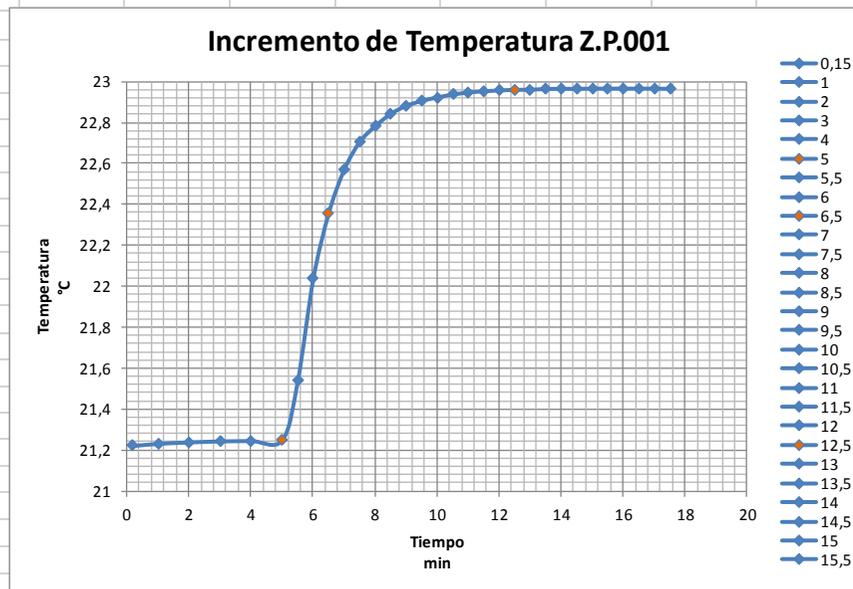
t = 1,304 °C

% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,028 g
Muestra	=	0,9302 g
% S	=	0,41 %

PCS	=	3442 cal/g
PCI	=	2977 cal/g

MC - 07MO

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	21,221
2	1	21,232
3	2	21,239
4	3	21,244
5	4	21,246
6	5	21,249
7	5,5	21,538
8	6	22,037
9	6,5	22,358
10	7	22,57
11	7,5	22,705
12	8	22,782
13	8,5	22,842
14	9	22,881
15	9,5	22,905
16	10	22,922
17	10,5	22,936
18	11	22,946
19	11,5	22,952
20	12	22,956
21	12,5	22,959
22	13	22,96
23	13,5	22,963
24	14	22,964
25	14,5	22,964
26	15	22,965
27	15,5	22,965
28	16	22,965
29	16,5	22,965
30	17	22,965
31	17,5	22,964
32	18	22,965



**% Humedad**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$$

Peso Húmed = 62,2222 g

Peso Seco = 42,2632 g

Crisol = 37,8632 g

%Humedad = 81,9369 %

**z**

a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	13 min
ta	=	21,249 °C
tc	=	22,960 °C
r1	=	0,006 °C/min
r2	=	0,0026 °C/min
c1	=	0,7 ml
c2	=	0,39 %
c3	=	0 cm
W1	=	2459,58 cal/°C
m	=	0,9948 g

PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9948 g
e1	=	0,7 cal
e2	=	5,381 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4162 cal/g

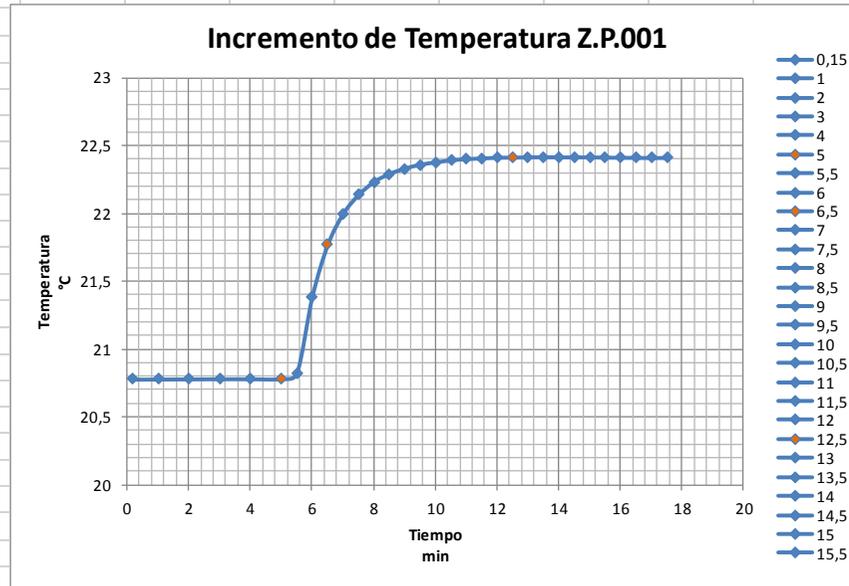
$$t = \frac{(b-a) - r2(c-b)}{t} = 1,686 \text{ °C}$$

% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0286 g
Muestra	=	0,9948 g
% S	=	0,39 %

PCS	=	4162 cal/g
PCI	=	3670 cal/g

MC - 08MO

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	20,778
2	1	20,779
3	2	20,78
4	3	20,781
5	4	20,781
6	5	20,782
7	5,5	20,824
8	6	21,387
9	6,5	21,769
10	7	21,997
11	7,5	22,137
12	8	22,233
13	8,5	22,292
14	9	22,331
15	9,5	22,36
16	10	22,377
17	10,5	22,392
18	11	22,401
19	11,5	22,406
20	12	22,411
21	12,5	22,412
22	13	22,414
23	13,5	22,415
24	14	22,414
25	14,5	22,414
26	15	22,414
27	15,5	22,412
28	16	22,411
29	16,5	22,41
30	17	22,409
31	17,5	22,41
32	18	22,409

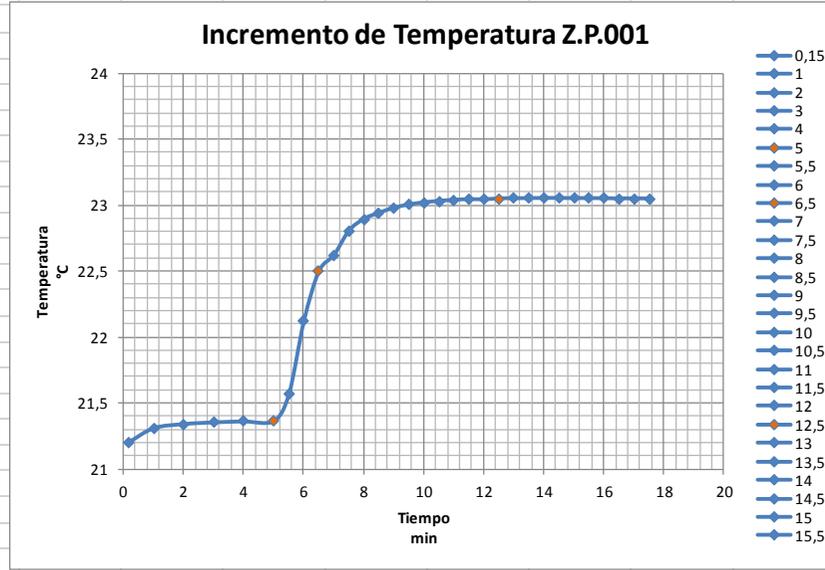


% Humedad	
% Humedad	= $\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmed	= 52,4045 g
Peso Seco	= 38,9352 g
Crisol	= 36,1673 g
%Humedad	= 82,9533 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	12 min
ta	=	20,782 °C
tc	=	22,411 °C
r1	=	0,001 °C/min
r2	=	0,0008 °C/min
c1	=	2 ml
c2	=	0,46 %
c3	=	0 cm
W 1	=	2604,567 cal/°C
m	=	0,9832 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	0,9832 g
e1	=	2 cal
e2	=	6,153 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	4292 cal/g
t	=	(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,623 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0327 g
Muestra	=	0,9832 g
% S	=	0,46 %
PCS	=	4292 cal/g
PCI	=	3794 cal/g

MC - 09MO

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	21,2
2	1	21,309
3	2	21,34
4	3	21,353
5	4	21,36
6	5	21,363
7	5,5	21,565
8	6	22,12
9	6,5	22,498
10	7	22,62
11	7,5	22,805
12	8	22,894
13	8,5	22,94
14	9	22,978
15	9,5	23,003
16	10	23,019
17	10,5	23,03
18	11	23,038
19	11,5	23,043
20	12	23,042
21	12,5	23,049
22	13	23,05
23	13,5	23,051
24	14	23,052
25	14,5	23,052
26	15	23,051
27	15,5	23,051
28	16	23,05
29	16,5	23,049
30	17	23,049
31	17,5	23,048
32	18	23,047



**% Humedad**

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$$

Peso Húmed = 61,5367 g  
 Peso Seco = 43,7875 g  
 Crisol = 38,8395 g

%Humedad = 78,2000 %

**z**

a = 5 min  
 b = 6,5 min  
 c = 16,5 min  
 ta = 21,363 °C  
 tc = 23,049 °C  
 r1 = 0,033 °C/min  
 r2 = 0,0012 °C/min  
 c1 = 1 ml  
 c2 = 0,15 %  
 c3 = 0 cm  
 W1 = 2604,567 cal/°C  
 m = 0,9784 g

PCS = -e1-e2-e3/m  
 m = 0,9784 g  
 e1 = 1 cal  
 e2 = 2,051 cal  
 e3 = 0 cal  
 PCS = 4323 cal/g

$$t = (b-a) - r2(c-b)$$

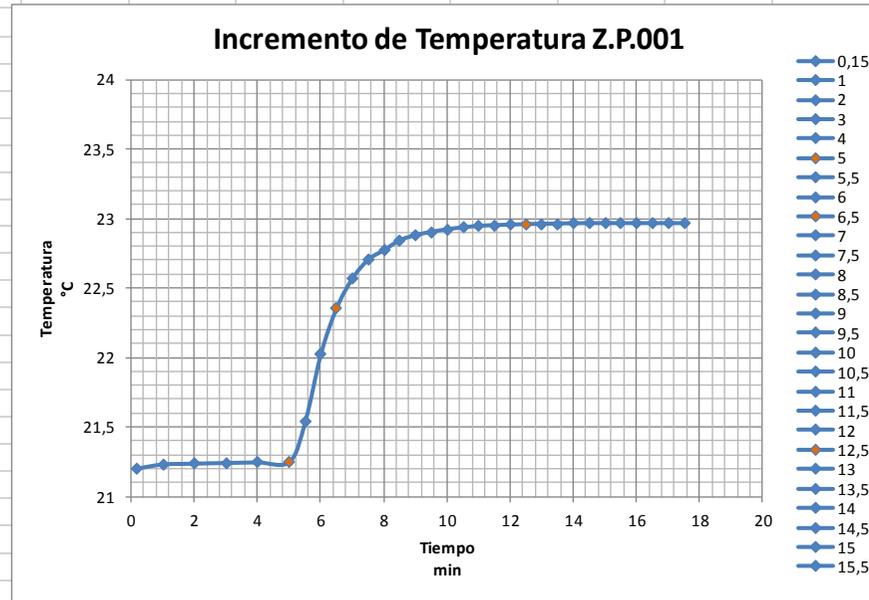
t = 1,625 °C

% S = Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.  
 BaSO4 = 0,0109 g  
 Muestra = 0,9784 g  
 % S = 0,15 %

PCS = 4323 cal/g  
 PCI = 3854 cal/g

MC - 10MO

Datos Temperatura		
Nº	Minutos	Tº
1	0,15	21,201
2	1	21,231
3	2	21,237
4	3	21,242
5	4	21,246
6	5	21,25
7	5,5	21,537
8	6	22,027
9	6,5	22,357
10	7	22,569
11	7,5	22,703
12	8	22,772
13	8,5	22,843
14	9	22,879
15	9,5	22,903
16	10	22,921
17	10,5	22,935
18	11	22,945
19	11,5	22,951
20	12	22,954
21	12,5	22,958
22	13	22,96
23	13,5	22,962
24	14	22,964
25	14,5	22,965
26	15	22,965
27	15,5	22,965
28	16	22,965
29	16,5	22,965
30	17	22,965
31	17,5	22,965
32	18	22,965



% Humedad

% Humedad	=	$\frac{\text{Muestra H} - \text{Muestra S}}{\text{Muestra H} - \text{Crisol}} \times 100$
Peso Húmedo	=	62,1231 g
Peso Seco	=	44,6982 g
Crisol	=	38,9395 g
%Humedad	=	75,1605 %

z		
a	=	5 min
b	=	6,5 min
c	=	14,5 min
ta	=	21,250 °C
tc	=	22,965 °C
r1	=	0,010 °C/min
r2	=	0,0028 °C/min
c1	=	1 ml
c2	=	0,41 %
c3	=	0 cm
W 1	=	2573,685 cal/°C
m	=	1,0931 g
PCS	=	-e1-e2-e3/m
m	=	1,0931 g
e1	=	1 cal
e2	=	6,153 cal
e3	=	0 cal
PCS	=	3944 cal/g
t	=	.(b-a)-r2(c-b)
t	=	1,678 °C
% S	=	Wt. BaSO4 x 13.734/ Wt.
BaSO4	=	0,0327 g
Muestra	=	1,0931 g
% S	=	0,41 %
PCS	=	3944 cal/g
PCI	=	3493 cal/g